UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

RONALDO FURTADO VIEIRA

SULFATO DE AMÔNIO ORIUNDO DO REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CARBONATADA DO PROCESSO PRODUTIVO DE PÓ DE DIÓXIDO DE URÂNIO (UO_2) NA AGRICULTURA

VOLTA REDONDA - RJ
2022

RONALDO FURTADO VIEIRA

SULFATO DE AMÔNIO ORIUNDO DO REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CARBONATADA DO PROCESSO PRODUTIVO DE PÓ DE DIÓXIDO DE URÂNIO (UO_2) NA AGRICULTURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. D. Sc. Everaldo Zonta
Coorientador: Prof. D. Sc. Felipe Brasil
Coorientador: Prof. D. Sc. Wagner de Souza Pereira - INB

VOLTA REDONDA - RJ
2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM
Gerada com informações fornecidas pelo autor

V657s Vieira, Ronaldo Furtado
Sulfato de Amônio Oriundo do Reaproveitamento da Água Carbonatada do Processo Produtivo de Pó de Dióxido de Urânio (UO2) na Agricultura / Ronaldo Furtado Vieira ; Everaldo Zonta, orientador ; Felipe Brasil, coorientador. Volta Redonda, 2022.
271 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2022.

DOI: http://dx.doi.org/10.22409/PGTA.2022.m.98927841700

1. Sulfato de Amônio. 2. Fertilizantes. 3. Espectrometria Gama. 4. Indústrias Nucleares do Brasil. 5. Produção intelectual. I. Zonta, Everaldo, orientador. II. Brasil, Felipe, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. IV. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

RONALDO FURTADO VIEIRA

SULFATO DE AMÔNIO ORIUNDO DO REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CARBONATADA DO PROCESSO PRODUTIVO DE PÓ DE DIÓXIDO DE URÂNIO (UO_2) NA AGRICULTURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Aprovada em 08 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
EVERALDO ZONTA
Data: 21/10/2022 16:07:26-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Prof. D. Sc. Everaldo Zonta - UFF/UFRRJ
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSE MARQUES LOPES
Data: 23/10/2022 09:51:46-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Prof. D. Sc. José Marques Lopes - UFBA

Documento assinado digitalmente
gov.br
GILMAR CLEMENTE SILVA
Data: 24/10/2022 14:19:30-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Prof. D. Sc. Gilmar Clemente Silva – UFF/VR

VOLTA REDONDA - RJ
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, que me proporcionou os meios para realizar esse trabalho.

A minha esposa Cláudia A.S. Vieira e filhas Silvia A. Vieira e Débora A. Vieira pelo carinho e paciência durante toda essa jornada.

A minha mãe Maria Imaculada e aos meus irmãos, Carlos Roberto, Ângela Maria, Rosilene F. Vieira e Ronailton F.Vieira pelo incentivo e apoio ilimitado.

Ao professor Everaldo Zonta pelo convívio, orientação, paciência e amizade durante essa jornada.

Ao professor, amigo e coorientador Wagner de Souza Pereira pelo apoio técnico no desenvolvimento do trabalho durante toda jornada.

Ao professor e coorientador Felipe Brasil pelo apoio e incetivo, principalmente num momento de escolha do tema e nos primeiros passos da dissertação.

A engenheira e amiga Cindy pelo trabalho no experimento na casa de vegetação, contribuições e incentivo ao longo de toda jornada.

Aos amigos e professores do LAASC, José Marques, Alessandro Kurster e Ademir Xavier da Silva.

Aos amigos do LSP pelo apoio em especial ao Ricardo Dias e João Augusto Loila.

Aos amigos e professores do PGTA/UFF VR, que sempre se colocaram à disposição para contribuir e apoiar de alguma forma no desenvolvimento do trabalho.

A INB que me deu estrutura e apoio suficiente para desenvolver os experimentos do campo e toda à dissertação ao longo desta jornada.

RESUMO

Mediante a necessidade de práticas de sustentabilidade, compromissos sócios ambientais e econômicos nos ambientes de produção, estudos para gerar novas aplicabilidades aos resíduos e rejeitos produzidos em unidades fabris, vem se tornando fundamentais. O objetivo deste trabalho foi analisar a equivalência do sulfato de amônio comercial (SAC) ao sulfato de amônio (SAI) obtido a partir do reaproveitamento do rejeito carbonato de amônio do processo de produção do urânio utilizado como combustível nuclear, bem como, verificar a concentração de atividade (CA) do urânio. O trabalho foi conduzido em dois locais distintos: na casa de vegetação, de março a junho de 2020, em parceria ao Laboratório de Solos e Plantas (LSP), localizado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. Onde foram cultivados rúcula (Eruca Sativa L.) e rabanete (Raphanus Sativus L.) de forma paralela em vasos. Sendo que cada unidade experimental contendo quatro plantas (rúcula ou rabanete) alocadas ao acaso em arranjo fatorial duplo, onde os tratamentos consistiram em duas fontes (SAC e SAI) e quatro doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 200 kg N ha^{-1}), com três repetições por tratamento. No campo o ensaio foi realizado de novembro de 2020 a maio de 2021, no site da empresa Indústrias Nucleares do Brasil (INB), na cidade de Resende - RJ. Onde foram cultivados Aroeira Vermelha (Schinus Terebinthifolius) e Paineira Rosa (Chorisia Speciosa). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com três tratamentos e três repetições, totalizando 9 unidades experimentais. Onde os tratamentos consistiram em duas fontes (SAC e SAI) e quatro doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 200 kg N ha^{-1}), com três repetições por tratamento. A área total do experimento foi de 378 m², sendo que a área da parcela possuía 3m de comprimento por 3m de largura e 42 semeaduras (covas). Decorridos o tempo planejados dos ensaios, as plantas foram colhidas, separada em parte aérea e raízes na casa de vegetação e parte aérea no campo (folhas e galhos). Foram quantificadas e secas em estufa de circulação de ar forçada (65 ºC), pesadas e moídas. Previamente à condução dos experimentos na casa de vegetação e no campo, foi realizada a determinação de radionuclídeos no Laboratório de Análises Ambientais e Simulação Computacional (LAASC/UFRJ) nos fertilizantes utilizados (SAC) e (SAI), a partir de espectrometria gama, com base nas concentrações de atividade (CA), verificou-se que os fertilizantes estão abaixo do limite de isenção (LI) do órgão regulador que é 10 Bq/g^{-1} (CNEN, 2011), possibilitando assim a continuidade do projeto de pesquisa. Após os experimentos, foram realizadas as análises químicas no (LSP) e de espectrometria gama (LAASC) nos solos e plantas. De

acordo com resultados das análises químicas realizadas, não foi observado diferença entre os tratamentos, demonstrando que ambos os fertilizantes (SAC e SAI) proporcionaram produção de massas frescas, massas secas e nutrientes (NPK) iguais estatisticamente. E de acordo com os resultados radiológicos (espectrometria gama) realizados no LAASC ambos os fertilizantes (SAC e SAI) proporcionaram resultados abaixo do limite de isenção, não havendo restrições ao uso conforme norma (CNEN, 2011), valendo o mesmo para os solos amostrados. As espécies tanto na casa de vegetação quanto no campo, apresentou excelente crescimento, de forma produtiva e saudável e do ponto de vista radiológico o SAC e o SAI não apresentam restrições ao uso. Os resultados indicam que os fertilizantes podem ser considerados equivalentes estatisticamente para a produção vegetal, e as espécies cultivadas não apresentam risco radiológico para o consumo humano ou animal.

Palavras chaves:

CNEN-NN-3.01:2011. Espectrometria gama. Fertilizantes. Indústrias Nucleares do Brasil. LAASC. Rejeitos. Resíduos. Sustentabilidade. Translocação.

ABSTRACT

Due to the need for sustainability practices, socio-environmental and economic commitments in production environments, studies to generate new applicability to residues and tailings produced in manufacturing units have become fundamental. The aim of this study was to analyze the equivalence of commercial ammonium sulfate (SAC) to ammonium sulfate (SAI) obtained from the reuse of ammonium carbonate waste from the uranium production process used as nuclear fuel, as well as to verify the concentration activity (CA) of uranium. The work was carried out in two different locations: in the greenhouse, from March to June 2020, in partnership with the Laboratory of Soils and Plants (LSP), located at the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. In this site, arugula (Eruca Sativa L.) and radish (Raphanus Sativus L.) were cultivated in parallel in pots. Each experimental unit containing four plants (arugula or radish) randomly allocated in a double factorial arrangement, whose treatments consisted of two sources (SAC and SAI) and four nitrogen rates (0; 50; 100 and 200 kg N ha-1), with three replications per treatment. In the field, the test was carried out from November 2020 to May 2021, on the website of Indústrias Nucleares do Brasil (INB), in the city of Resende - RJ. Where Aroeira Vermelha (Schinus Terebinthifolius) and Paineira Rosa (Chorisia Speciosa) were cultivated. The experimental design used was randomized blocks with three treatments and three replications, totaling 9 experimental units. The treatments consisted of two sources (SAC and SAI) and four nitrogen rates (0; 50; 100 and 200 kg N ha-1), with three replications per treatment. The total area of the experiment was 378 m², and the plot area was 3m long by 3m wide and had 42 sowings (pits). After the planned time of the trials, the plants were harvested, separated into shoots and roots in the greenhouse and shoots in the field (leaves and branches). They were quantified and dried in a forced air circulation oven (65 ºC), weighed and ground. Prior to conducting the experiments in the greenhouse and in the field, radionuclides were determined at the Laboratory of Environmental Analysis and Computer Simulation (LAASC/UFRJ) in the fertilizers used (SAC) and (SAI), using gamma spectrometry, with based on the activity concentrations (CA), it was found that the fertilizers are below the exemption limit (LI) of the regulatory body, which is 10 Bq/g-1 (CNEN, 2011), thus enabling the continuity of the research project. After the experiments, chemical analyzes were performed on (LSP) and gamma spectrometry (LAASC) on soils and plants. According to the results of the chemical analyzes performed, no difference was observed between the

treatments, demonstrating that both fertilizers (SAC and SAI) provided statistically equal fresh mass, dry mass and nutrients (NPK). And according to the radiological results (gamma spectrometry) performed at LAASC, both fertilizers (SAC and SAI) provided results below the exemption limit, with no restrictions on use according to the standard (CNEN, 2011), the same being true for the sampled soils. . The species both in the greenhouse and in the field, showed excellent growth, in a productive and healthy way and from the radiological point of view, SAC and SAI do not present restrictions on use. The results indicate that fertilizers can be considered statistically equivalent for plant production, and the cultivated species do not present a radiological risk for human or animal consumption.

Keywords:

CNEN-NN-3.01:2011. Gamma spectrometry. Fertilizers. Nuclear Industries of Brazil. LAASC. Waste. waste. Sustainability. translocation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Processo de reconversão de produção de pó de UO_2. p.37

Figura 02 - Detector de HPGe. p.47

Figura 03 - Spray Drier e Sulfato de Amônio Cristalizado. p.49

Figura 04 - Fluxograma de processo das etapas do reaproveitamento do Carbonato de Amônio em Sulfato de Amônio. p.50

Figura 05 - Amostras do Sulfato de Amônio SAI. p.52

Figura 06 - Eficiência simulada da geometria utilizada para espectrometria gama das amostras de sulfato de amônio comercial (SAC). p.54

Figura 07 - Espectograma da amostra 01 do sulfato de amônio comercial (SAC). p.55

Figura 08 - Espectograma da amostra 02 do sulfato de amônio comercial (SAC). p.56

Figura 09 - Eficiência simulada da geometria utilizada para espectrometria gama das amostras de sulfato de amônio INB (SAI). p.57

Figura 10 - Espectograma da amostra 01 do sulfato de amônio da INB (SAI). p.58

Figura 11 - Espectograma da amostra 02 do sulfato de amônio da INB (SAI). p.59

Figura 12 - Espectograma da amostra 03 do sulfato de amônio da INB (SAI). p.59

Figura 13 - Espectograma da amostra 04 do sulfato de amônio da INB (SAI). p.60

Figura 14 - Espectograma da amostra 05 do sulfato de amônio da INB (SAI). p.60

Figura 15 - Espectograma da amostra 06 do sulfato de amônio da INB (SAI). p.61

Figura 16 - Aroeira Vermelha. p.63

Figura 17 - Paineira Rosa. p.64

Figura 18 - Rabanete e Rúcula. p.65

Figura 19 - Experimento na casa de vegetação. p.66

Figura 20 - Massa fresca ($g \cdot vaso^{-1}$) de plantas de rúcula submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.71

Figura 21 - Massa seca ($g\ vaso^{-1}$) de plantas de rúcula submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.72

Figura 22 - Teores ($g\ kg^{-1}$) de nitrogênio em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.73

Figura 23 - Teores ($g\ kg^{-1}$) de fósforo em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.74

Figura 24 - Teores (g kg^{-1}) de potássio em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.76

Figura 25 - Acúmulo de nitrogênio (g·$planta^{-1}$) em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.77

Figura 26 - Acúmulo de fósforo (g·$planta^{-1}$) em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.78

Figura 27 - Acúmulo de potássio (g·$planta^{-1}$) em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.80

Figura 28 - Acumulado da massa seca (g·$vaso^{-1}$) e NPK (g·$planta^{-1}$) das plantas de rúcula do experimento da casa de vegetação. p.81

Figura 29 - Massa fresca (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rabanete parte aérea submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.82

Figura 30 - Massa fresca (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rabanete parte da raíz submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.83

Figura 31 - Massa seca (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rabanete parte da raíz submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.84

Figura 32 - Massa seca (g·vaso-1) de plantas de rabanete parte aéreas submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.86

Figura 33 - Massa seca acumulado (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio). p.87

Figura 34 - Teores (g kg^{-1}) de nitrogênio em raíz de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.88

Figura 35 - Teores (g· kg^{-1}) de fósforo em raíz de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.89

Figura 36 - Teores (g kg^{-1}) de potássio em raíz de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.90

Figura 37 - Acúmulo de nitrogênio (g·$planta^{-1}$) nas plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio p.92

Figura 38 - Acúmulo de fósforo (g·$planta^{-1}$) nas plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.93

Figura 39 - Acúmulo de potássio (g·$planta^{-1}$) nas plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio. p.95

Figura 40 - Acumulado da massa seca (g·$vaso^{-1}$) e NPK (g·$planta^{-1}$) das plantas de rabanete do experimento da casa de vegetação.. p.96

Figura 41 - Amostras em decaimento secular no LAASC para análises P.96

Figura 42 - Espectrogama do solo arenoso natural do experimento da casa de vegetação. p.97

Figura 43 - Espectrogama do solo arenoso adubado do experimento da casa de vegetação. p.98

Figura 44 - Espectograma da raiz do rabanete. p.99

Figura 45 - Espectograma da parte aérea do rabanete. p.100

Figura 46 - Espectograma da parte aérea da rúcula. p.101

Figura 47 - Localização do experimento no campo site INB. p.104

Figura 48 - Amostras do solo no campo site INB. p.106

Figura 49- Covas para calagem do solo campo site INB. p.108

Figura 50 - Demarcação dos pontos para realização do plantio das mudas no campo site INB. p.110

Figura 51- Ressecamento e morte das Aroeiras Vermelhas e Paineiras Rosa no campo site INB. p.112

Figura 52 - Plantas que sobreviveram até o final do experimento no campo site INB. p.113

Figura 53 -, Massa seca ($g \cdot planta^{-1}$) das folhas de plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.119

Figura 54- Massa seca ($g \cdot planta^{-1}$) dos galhos de plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.120

Figura 55 - Massa seca ($g \cdot planta^{-1}$) das partes aéreas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.121

Figura 56 - Teores de nitrogênio ($g \cdot kg^{-1}$) das folhas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.123

Figura 57 - Teores de fósforo ($g \cdot kg^{-1}$) das folhas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.124

Figura 58 - Teores de potássio ($g \cdot kg^{-1}$) das folhas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.125

Figura 59 - Teores Nitrogênio ($g \cdot kg^{-1}$) dos galhos das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.127

Figura 60 - Teores fósforo ($g \cdot kg^{-1}$) dos galhos das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.128

Figura 61 - Teores potássio ($g \cdot kg^{-1}$) dos galhos das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.129

Figura 62 - Acúmulo de Nitrogênio ($g \cdot planta^{-1}$) nas plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.130

Figura 63 - Acúmulo de fósforo ($g \cdot planta^{-1}$) nas plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.131

Figura 64 - Acúmulo de potássio ($g \cdot planta^{-1}$) nas plantas de aroeirasubmetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.134

Figura 65 - Acumulado da massa seca ($g \cdot planta^{-1}$) e NPK ($g \cdot planta^{-1}$) da plantas de aroeira do experimento do campo. p.135

Figura 66 - Massa seca das folhas de Paineira (g/parcela) submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.135

Figura 67 - Massa seca dos galhos de Paineira (g/parcela) submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.136

Figura 68 - Acumulado de massa seca da Paineira (g/planta) submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.138

Figura 69 - Teores de Nitrogênio ($g \cdot kg^{-1}$) das folhas das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.139

Figura 70 - Teores de fósforo ($g \cdot kg^{-1}$) das folhas das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.141

Figura 71 - Teores de potássio ($g \cdot kg^{-1}$) das folhas das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.142

Figura 72 - Teores de Nitrogênio ($g \cdot kg^{-1}$) dos galhos das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.143

Figura 73 - Teores de fósforo ($g \cdot kg^{-1}$) dos galhos das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.144

Figura 74 - Teores de potássio ($g \cdot kg^{-1}$) dos galhos das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. p.145

Figura 75 - Acúmulo de Nitrogênio ($g \cdot planta^{-1}$) das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio p.147

Figura 76 - Acúmulo de fósforo ($g \cdot planta^{-1}$) das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio p.148

Figura 77 - Acúmulo de potássio ($g \cdot planta^{-1}$) das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio p.149

Figura 78 - Pesagem do Solo Natural do campo INB. p.150

Figura 79 - Espectrograma do solo natural do experimento do campo no site da INB p.152

Figura 80 - Espectrograma do solo natural do experimento do campo no site da INB p.153

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Níveis de isenção: atividades e concentrações de atividades isentas. p.43

Tabela 02 - Eficiência simulada por LabSocs Sulfato de amônia SAC 120 ml. p.54

Tabela 03 - Massa das amostras de sulfato de amônia comercial. p.55

Tabela 04 - Eficiência simulada por LabSocs, sulfato de amônio INB (SAI) 120 ml. p.56

Tabela 05 - Massa das amostras de SAI. p.57

Tabela 06 - Cálculo de concentração de atividade das amostras do sulfato de amônio comercial e sulfato de amônio da INB e valores de isenção da norma CNEN. p.61

Tabela 07 - Acúmulo de nutrientes nas plantas do experimento da casa de vegetação. p.66

Tabela 08 -Teores dos nutrientes NPK (média) nas hortaliças do experimento da casa de vegetação. p.67

Tabela 09 - Acúmulo dos nutrientes NPK (média) nas hortaliças do experimento da casa de vegetação. p.69

Tabela 10 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) da massa fresca de rúcula. p.73

Tabela 11 - Resultado do teste de Tukey de massa fresca de Rúcula. p.73

Tabela 12 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) da massa seca de Rúcula. p.74

Tabela 13 - Resultado do teste de Tukey de massa seca de Rúcula. p.74

Tabela 14 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para teor de Nitrogênio na parte aérea da Rúcula. p.75

Tabela 15 - Resultado do teste de Tukey de teor de Nitrogênio na parte aérea da Rúcula. p.76

Tabela 16 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para teor de fósforo na parte aérea da Rúcula. p.77

Tabela 17 - Resultado do teste de Tukey de teor de fósforo na parte aérea da Rúcula. p.78

Tabela 18 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para teor de potássio na parte aérea da Rúcula. p.78

Tabela 19 - Resultado do teste de Tukey de teor de potássio na parte aérea da Rúcula. p.78

Tabela 20 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para acúmulo de nitrogênio na parte aérea da Rúcula. p.80

Tabela 21 - Resultado do teste de Tukey de acúmulo de nitrogênio na parte aérea da Rúcula. p.81

Tabela 22 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para acúmulo de fósforo na parte aérea da Rúcula. p.82

Tabela 23 - Resultado do teste de Tukey de acúmulo de fósforo na parte aérea da Rúcula. p.82

Tabela 24 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para acúmulo de potássio na parte aérea da Rúcula. p.83

Tabela 25 - Resultado do teste de Tukey de acúmulo de potássio na parte aérea da Rúcula p.83

Tabela 26 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para massa fresca na parte aérea do rabanete. p.84

Tabela 27 - Resultado do teste de Tukey de massa fresca na parte aérea do rabanete. p.85

Tabela 28 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para massa fresca na raiz do rabanete. p.86

Tabela 29 - Resultado do teste de Tukey de massa fresca na raiz do rabanete. p.86

Tabela 30 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para massa seca na raiz do rabanete. p.87

Tabela 31 - Resultado do teste de Tukey de massa seca na raiz do rabanete. p.87

Tabela 32 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para massa seca parte aérea do rabanete. p.88

Tabela 33 - Resultado do teste de Tukey de massa seca na parte aérea do rabanete. p.88

Tabela 34 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para massa seca acumulado no rabanete. p.89

Tabela 35 - Resultado do teste de Tukey acumulado da massa seca no rabanete. p.90

Tabela 36 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para teores de nitrogênio na raiz do rabanete. p.91

Tabela 37 - Resultado do teste de Tukey para nitrogênio na raiz do rabanete. p.92

Tabela 38 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para teores de fósforo na raiz do rabanete. p.93

Tabela 39 - Resultado do teste de Tukey para fósforo na raiz do rabanete. p.93

Tabela 40 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para teores de potássio na raiz do rabanete. p.94

Tabela 41 - Resultado do teste de Tukey para potássio na raiz do rabanete. p.94

Tabela 42 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para acúmulo de nitrogênio no rabanete. p.95

Tabela 43 - Resultado do teste de Tukey para acúmulo de nitrogênio no rabanete. p.95

Tabela 44 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para acúmulo de fósforo no rabanete. p.97

Tabela 45 - Resultado do teste de Tukey para acúmulo de fósforo no rabanete. p.97

Tabela 46 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para acúmulo de potássio no rabanete. p.98

Tabela 47 - Resultado do teste de Tukey para acúmulo de potássio no rabanete. p.98

Tabela 48 - Resultado das análises químicas do solo do experimento da casa de vegetação. p.100

Tabela 49 - Cálculo de concentração de atividade dos solos do experimento da casa de vegetação e valores de isenção da norma CNEN. p.109

Tabela 50 - Cálculo de concentração de atividade das amostras das espécies do experimento da casa de vegetação e valores de isenção da norma CNEN. p.109

Tabela 51 - Resultado da análise química do solo experimento do campo INB. p.113

Tabela 52- Acúmulo (média) de massa seca (folhas e galhos) das plantas Aroeira e Paineira do experimento do campo. p.121

Tabela 53- Teores de nutrientes (NPK) das plantas do experimento do campo. p.123

Tabela 54- Acúmulo de nutrientes (NPK) nas plantas do experimento do campo. p.123

Tabela 55 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para massa seca das folhas das plantas de aroeira. p.124

Tabela 56 - Resultado do teste de Tukey para massa seca das folhas das plantas de aroeira. p.124

Tabela 57- Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para massa seca dos galhos das plantas de aroeira. p.125

Tabela 58. Resultado do teste de Tukey para massa seca dos galhos das plantas de aroeira. p.126

Tabela 59 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para acúmulo de massa seca das plantas de aroeira. p.127

Tabela 60 - Resultado do teste de Tukey para acúmulo de massa seca das plantas de aroeira. p.127

Tabela 61 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de nitrogênio nas folhas de aroeira. p.129

Tabela 62 - Resultados do teste de Tukey para teores de nitrogênio nas folhas de aroeira. p.129

Tabela 63 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de fósforo nas folhas de aroeira. p.130

Tabela 64 - Resultados do teste de Tukey para teores de fósforo nas folhas de aroeira. p.130

Tabela 65 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de potássio nas folhas de aroeira. p.131

Tabela 66 - Resultados do teste de Turkey para teores de potássio nas folhas de aroeira. p.131

Tabela 67 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de nitrogênio nos galhos de aroeira p.133

Tabela 68 - Resultados do teste de Tukey para teores de nitrogênio nos galhos de aroeira. p.133

Tabela 69 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de fósforo nos galhos de aroeira. p.134

Tabela 70 - Resultados do teste de Turkey para teores de fósforo nos galhos de aroeira. p.134

Tabela 71 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de potássio nos galhos de aroeira. p.136

Tabela 72 - Resultados do teste de Tukey para teores de potássio nos galhos de aroeira. p.137

Tabela 73 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para o acúmulo de nitrogênio nas plantas de aroeira. p.137

Tabela 74 - Resultado do teste de Turkey para o acúmulo de nitrogênio nas plantas de aroeira. p.137

Tabela 75 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para o acúmulo de fósforo nas plantas de aroeira. p.139

Tabela 76 - Resultado do teste de Tukey para o acúmulo de fósforo nas plantas de aroeira. p.139

Tabela 77 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para o acúmulo de potássio nas plantas de aroeira. p.140

Tabela 78 - Resultado do teste de Tukey para o acúmulo de potássio nas plantas de aroeira. p.140

Tabela 79 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) das massas secas das folhas das plantas de paineira. p.141

Tabela 80 - Resultado Teste de Tukey das massas secas das folhas das plantas de paineira. p.142

Tabela 81 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) das massas secas dos galhos das plantas de paineira. p.142

Tabela 82 - Resultados do teste de Tukey das massas secas dos galhos das plantas de paineira. p.143

Tabela 83 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) das massas secas das p.145

folhas e dos galhos das plantas de paineira.

Tabela 84 - Resultado do teste de Tukey das massas secas das folhas e dos galhos das plantas de paineira. p.145

Tabela 85 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de nitrogênio das folhas das plantas de paineira. p.146

Tabela 86 - Resultado do teste de Tukey dos teores de nitrogênio das folhas das plantas de paineira p.146

Tabela 87 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de fósforo das folhas das plantas de paineira. p.148

Tabela 88- resultado do teste de Tukey dos teores de fósforo das folhas das plantas de paineira. p.148

Tabela 89 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de potássio das folhas das plantas de paineira. p.149

Tabela 90 - Resultado do teste de Tukey dos teores de potássio das folhas das plantas de paineira. p.149

Tabela 91 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de nitrogênio nos galhos das plantas de paineira. p.150

Tabela 92 - Resultado do teste de Turkey dos teores de nitrogênio nos galhos das plantas de paineira. p.150

Tabela 93 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de fósforo nos galhos das plantas de paineira. p.152

Tabela 94 - Resultado do teste de Turkey dos teores de fósforo nos galhos das plantas de paineira. p.152

Tabela 95 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de potássio nos galhos das plantas de paineira. p.154

Tabela 96 - resultado do teste de Turkey dos teores de potássio nos galhos das plantas de paineira. p.155

Tabela 97 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) do acúmulo de nitrogênio nas plantas de paineira. p.157

Tabela 98 - Resultado do teste de Tukey do acúmulo de nitrogênio nas plantas de paineira. p.157

Tabela 99 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) do acúmulo de fósforo nas plantas de paineira. p.158

Tabela 100 - Resultado do teste de Tukey do acúmulo de fósforo nas plantas de paineira. p.159

Tabela 101 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) do acúmulo de potássio nas plantas de paineira. p.159

Tabela 102 - Resultado do teste de Tukey do acúmulo de potássio nas plantas de paineira. p.159

Tabela 103 - Cálculo da concentração de atividade do solo natural do experimento do campo do site INB e valores de isenção da norma CNEN. p.163

Tabela 104- Amostras das massas seca das espécies para análises radiológicas do experimento no campo do Site INB. p.164

Tabela 105- Concentração de atividade das espécies do experimento do campo do site INB e valores de isenção da norma CNEN. p.166

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA	Concentração de Atividade
CO_2	Dióxido de Carbono
$CO(NH_2)_2$	Ureia
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COPPE	Coordenação De Pós Graduação Em Engenharia
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
DBA	Delineamento de Bloco ao Acaso
DBC	Delineamento de Bloco ao Acaso
DIRBA	Depósito Inicial de Rejeito de Baixa Atividade
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
Ed.	Edição
FCN	Fábrica de Combustível Nuclear
HPGe	Detector de Germânio Hiper Puro
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
KNO_3	Nitrato de Potássio
LAASC	Laboratório de Análises Ambientais e Simulação computacional/COPPE/UFRJ
MCA	Analisador Multicanal
MCTI	Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação
MMA	Metil-metacrilato
NH_3	Amônia
$(NH4)))_2SO_4$	Sulfato de Amônio
NH_4NO_3	Nitrato de Amônia
$[(NH_4)_2\,CO_3]$	Carbonato de Amônio
SAI	Sulfato de Amônio da INB
SAC	Sulfato de Amônio Comercial
TCAU	Tricarbonato de amônio e uranila
UO2	Dióxido de Urânio
U3O8	Octaóxido de Triurânio
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UF6	Hexafluoreto de Urânio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, p. 26

2. OBJETIVOS, p. 30

2.1. OBJETIVO GERAL, p. 30

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, p. 30

3. REVISÃO DA LITERATURA, p. 30

3.1. O CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR, p. 30

3.2. CARBONATO DE AMÔNIO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UO_2 VIA ÚMIDA NA INB, p. 33

3.3. SULFATO DE AMÔNIO, p. 34

3.3.1. USO DO SULFATO DE AMÔNIO COMO ADUBO NITROGENADO, p. 36

3.4. LEGISLAÇÃO, p. 38

3.4.1. POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011 - CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO, ISENÇÃO E DISPENSA DE REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA (CNEN, 2011), p. 38

3.5. ESPECTOMETRIA GAMA, p. 40

3.5.1. SÉRIE RADIOATIVA DO ^{235}U, p. 40

3.5.2. ATIVIDADE ESPECÍFICA, p. 41

3.5.3. ESPECTROMETRIA GAMA, p. 41

3.5.4. EFICIÊNCIA DE DETECÇÃO, p. 44

4. MATERIAIS E MÉTODOS, p. 45

4.1. TRATAMENTOS DO CARBONATO DE AMÕNIO PARA PRODUÇÃO DE SULFATO DE AMÔNIO, p. 45

4.2. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO, p. 48

4.3. LOCALIZAÇÃO E EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS, p. 49

4.4. ESPÉCIES DO EXPERIMENTO, p. 49

4.5. AMOSTRAS DO SULFATO DE AMÔNIO DA INB E SULFATO DE AMÔNIO COMERCIAL PARA ANÁLISES DE RADIONUCLÍDEOS, p. 51

4.5.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DOS (SAI e SAC) PARA ANÁLISES RADIOLÓGICAS (ESPECTROMETRIA GAMA) E QUÍMICAS, p. 52

5. RESULTADOS, p. 53

5.1. CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE DAS AMOSTRAS DO SULFATO DE AMÔNIO COMERCIAL E SULFATO DE AMÔNIO DA INB EM BQ/g; p. 60

5.2. EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO NA CASA DE VEGETAÇÃO COM HORTALIÇAS (RABANETE E RÚCULA), p. 62

5.2.1. COLETA E SECAGEM DAS HORTALIÇAS, p. 63

5.2.2. RESULTADOS DO DELINEAMENTO ESTATÍSTICO DO EXPERIMENTO DA CASA DE VEGETAÇÃO, p. 68

5.2.2.1. RESULTADO DA MASSA FRESCA DE RÚCULA, p. 68

5.2.2.2. RESULTADO DA MASSA SECA DE RÚCULA, p. 69

5.2.2.3- RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA, p. 71

5.2.2.4 - RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA, p. 72

5.2.2.5 - RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA, p. 73

5.2.2.6- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA, p. 75

5.2.2.7- RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA, p.76

5.2.2.8- RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA, p. 77

5.2.2.9- RESULTADOS DA MASSA FRESCA DO RABANETE PARTE AÉREA (g/vaso), p. 80

5.2.2.10- RESULTADOS DA MASSA FRESCA DO RABANETE RAIZ (g/vaso), p. 81

5.2.2.11- RESULTADO DA MASSA SECA DO RABANETE RAÍZ (g/vaso), p. 82

5.2.2.12- RESULTADO DA MASSA SECA DO RABANETE PARTE AÉREA (g/vaso), p. 83

5.2.2.13- RESULTADO DA MASSA SECA DO RABANETE ACUMULADO (g/vaso), p. 85

5.2.2.14- RESULTADO DE TEORES DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA RAIZ DO RABANETE (g/kg), p. 86

5.2.2.15- RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NA RAÍZ DO RABANETE, p. 87

5.2.2.16- RESULTADO DE TEORES DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) NA RAÍZ DO RABANETE, p. 89

5.2.2.17- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA RAIZ E PARTE AÉREA DO RABANETE, p. 90

5.2.2.18- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NO RABANETE, p. 91

5.2.2.19- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) DO RABANETE, p. 92

5.2.3- RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO DO EXPERIMENTO DA CASA DE VEGETAÇÃO NO LSP, p. 95

5.2.4- RESULTADOS DAS ANÁLISES RADIOLÓGICAS DO EXPERIMENTO DA CASA DE VEGETAÇÃO NO LAASC, p. 97

5.2.4.1- CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE NO SOLO E NAS ESPÉCIES DA CASA DE VEGETAÇÃO, p. 102

5.3. EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO COM ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÃNTICA (AROEIRA VERMELHA E PAINEIRA ROSA) NO SITE DA INB, p. 104

5.3.1. COLETA E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DO SOLO DO CAMPO DO SITE DA INB, p. 106

5.3.1.1. TRATAMENTO DO SOLO NO CAMPO (CALAGEM), p. 109

5.3.2. LIMPEZA, ORGANIZAÇÃO, PREPARAÇÃO DAS COVAS, PLANTIO E MONITORAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO, p. 109

5.3.3. COLETA E SECAGEM DAS ESPÉCIES DO CAMPO, p. 114

5.3.4. RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E DA ANOVA DO EXPERIMENTO DO CAMPO, p. 115

5.3.4.1 RESULTADO DAS MASSAS SECAS E NUTRIENTES (NPK) AROEIRA FOLHAS E GALHOS, p. 118

5.3.4.2- RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE AROEIRA (g/kg), p. 123

5.3.4.3- RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE AROEIRA (g/kg), p. 124

5.3.4.4- RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE AROEIRA (g/kg), p. 125

5.3.4.5- - RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NOS GALHOS DE AROEIRA (g/kg), p. 126

5.3.4.6- - RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NOS GALHOS DE AROEIRA (g/kg), p. 127

5.3.4.7- - RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NOS GALHOS DE AROEIRA (g/kg), p. 129

5.3.4.8- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO NA AROEIRA, p. 130

5.3.4.9- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO NA AROEIRA, p. 131

5.3.4.10- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO NA AROEIRA, p. 132

5.3.4.11- - RESULTADO DA ANOVA DAS MASSAS SECAS E NUTRIENTES (NPK) PAINEIRA FOLHAS E GALHOS, p. 135

5.3.4.12- - RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE PAINEIRA (g/kg), p. 138

5.3.4.13- - RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE PAINEIRA (g/kg), p. 140

5.3.4.14- - RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE PAINEIRA (g/kg), p. 141

5.3.4.15- -- RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NOS GALHOS DE PAINEIRA (g/kg), p. 142

5.3.4.16- - RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NOS GALHOS DE PAINEIRA (g/kg), p. 143

5.3.4.17- - RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NOS GALHOS DE PAINEIRA (g/kg), p. 145

5.3.4.18- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO NA PAINEIRA, p. 146

5.3.4.19- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO NA PAINEIRA, p. 147

5.3.4.20- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO NA PAINEIRA, p. 148

5.3.5. RESULTADO DAS ANÁLISES RADIOLÓGICAS NO LAASC DO EXPERIMENTO DO CAMPO NO SITE DA INB, p. 151

5.3.5.1. Resultados das análises radiológicas do solo natural no campo do site da INB, p. 151

5.3.5.2. Resultados das análises radiológicas das espécies do experimento do campo do site da INB, p. 154

6. RESULTADOS FINAIS OBTIDOS, p.159

7. CONCLUSÕES, p. 160

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS, p.160

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 161

10. ANEXOS, p. 163

Anexo 1 – Nota fiscal do Sulfato de Amônio Comercial (SAC), p. 163

Anexo 2- NORMA CNEN-NN-3.01 - DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA, p. 163

Anexo 3 – Ficha catalográfica das espécies do experimento do campo site INB, p. 168

Anexo 4 – Resultados das ANOVAS das plantas de rúcula no experimento da casa de vegetação, p. 169

Anexo 5 – Resultados da ANOVAS das plantas de Rabanete no experimento da casa de vegetação, p. 186

Anexo 6 – Resultados das análises radiológicas do experimento da casa de vegetação realizadas no LAASC, p. 206

Anexo 7- Abertura de espaço no local do experimento no campo - site da INB, p. 211

Anexo 8 – Desenho experimental do campo site INB, p. 212

Anexo 9 – Crescimento das plantas no campo site da INB, p. 214

Anexo 10 – Secagem e preparação das plantas na estufa do LSP/UFRRJ, p. 215

Anexo 11 – Massa seca para análises no LSP, p. 215

Anexo 12 – Resultados das ANOVAS das plantas de Aroeiras Vermelhas do experimento do campo no site da INB, p. 216

Anexo 13 – Resultados das ANOVAS das plantas de Paineiras Rosa do experimento do campo no site da INB, p. 230

Anexo 14 – Resultados da análise radiológica do solo natural do site da INB realizada no LAASC, p. 255

Anexo 15 – Resultados das análises radiológicas das plantas do site da INB realizadas no LAASC, p. 256

Anexo 16 – Certificado de apresentação de resumo RAIC 2020 e RAIDTec 2020 DA UFRRJ, p. 271

1. INTRODUÇÃO

A utilização do Nitrogênio na agricultura é essencial para as plantas cumprirem seu ciclo de vida. De acordo com (Raij, 1991), o nitrogênio (N) é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas e, normalmente, proporciona maior resposta em produtividade; porém, a complexidade dos fatores que afetam o seu aproveitamento pelas plantas faz com que o mesmo seja objeto de um grande número de estudos, a maioria realizados com o objetivo de avaliar seu comportamento no solo, e a sua relação com a eficiência da adubação.

As formas em que o N se apresenta nos adubos nitrogenados são: Nítricas (ex. Nitrato de Cálcio), amoniacal (ou ambas como e o caso do Nitrato de Amônia), orgânica e amídica (Ureia). Normalmente a concentração de N nos adubos pode variar desde 82% na amônia anidra até alguns décimos de 1% nos adubos orgânicos.

O foco deste projeto de pesquisa é o adubo nitrogenado Sulfato de Amônio $(NH_4)_2SO_4$, produzido na INB, produto de grande utilização nas culturas no mundo inteiro. No entanto este fertilizante ainda não pode ser comercializado, visto que o mesmo é proveniente, ou seja, gerado em uma instalação industrial química de origem nuclear. Desta forma há a necessidade de embasamento técnico e científico, com o objetivo de provar a sustentabilidade do projeto, mostrando que este subproduto sulfato de amônio (SAI) está dentro dos padrões permitidos por normas específicas para sua aceitação no mercado. Este é o grande desafio! Visto que esse tipo de empreendimento é muito incompreendido por muitas pessoas e organizações que democraticamente se manifestam contra as usinas e ou instalações nucleares, e acaba por aumentar o preconceito entre os menos informados.

No Brasil existem duas usinas nucleares em operação, Angra 01 e Angra 02, e uma em construção, Angra 03. O modo como gerenciam seus resíduos, efluentes e rejeitos radioativos, reflete a responsabilidade do país com a geração de energia limpa, visto que os controles que estas usinas executam na geração, liberação, contabilização e armazenagem dos mesmos são criteriosamente elaborados com o objetivo de minimizar o impacto ambiental.

Temos também em nosso país uma Fábrica de Combustível Nuclear - FCN, em Resende (RJ), que produz os combustíveis que alimentam a Central Nuclear de Angra dos Reis, seguindo severos padrões de qualidade e precisão mecânica. Cada elemento combustível tem capacidade para abastecer de energia elétrica 42.000 residências de porte médio, durante um mês, INB (2015). As inspeções nacionais e internacionais revelam os elevados padrões de desempenho, segurança e confiabilidade das usinas nucleares, bem como seu compromisso com o meio ambiente e a população.

No entanto até chegar à geração/distribuição da energia elétrica, existe todo o ciclo do combustível nuclear, que é o conjunto de etapas do processo industrial que transforma o mineral urânio, desde quando ele é encontrado em estado natural até sua utilização como combustível, dentro de uma usina nuclear:

Neste objeto de pesquisa o efluente a ser reaproveitado, o carbonato de amônio, é proveniente da Fábrica de Reconversão de pó de UO_2 tipo úmida. O processo consiste, no aquecimento do urânio enriquecido isotopicamente em ^{235}U na forma de $UF_6(g)$ em autoclave, evaporado e mergulhado num tanque de geometria anticrítica segura, pois evita eventos de criticalidade por sua geometria, um dos parâmetros que propiciam a reação de criticalidade, além do enriquecimento e do moderador, contendo água desmineralizada a 100ºC. Neste forno anticrítico o UF6(g) é misturado com outros dois gases: dióxido de carbono (CO_2) e amônia (NH_3). A reação química entre estes compostos produz o tricarbonato de amônio e uranila (TCAU), um composto sólido e amarelo insolúvel em água. Em seguida, o conteúdo do precipitador é bombeado para filtros rotativos a vácuo. No preciptador o TCAU é seco e transportado para um forno de leito fluidizado à temperatura de 600ºC, alimentado juntamente com um gás redutor, hidrogênio (H_2), e vapor d'água. Durante o processo produtivo do pó de UO_2, no forno de leito fluidizado, onde ocorre a termo hidrólise, os gases são exauridos e absorvidos em água desmineralizada, através de um lavador de gases, formando uma solução aquosa de $[(NH4)_2CO3]$, denominada "água carbonatada", devido à presença de alta concentração de CO_3^{2-} em sua composição, apresentando uma concentração na ordem de 180 g/L deste composto e com teor de urânio na ordem de até 10 ppm em sua composição. INB (2015).

Desde o início de produção da fábrica de Reconversão no ano de 1999 até 2018, a empresa tratava o resíduo carbonato de amônio, ou seja, transformando-o em Sulfato

de Amônio líquido e depois em sólido através de um equipamento/processo de sistema de secagem e cristalização “Secador Spray”. Que em linhas gerais consiste de um pulverizador que injeta o líquido dentro de um forno com temperaturas controladas para transformar o Sulfato de Amônio na fase líquida para a fase sólida (cristais). Assim, minimizando a quantidade de material, facilitando a sua armazenagem e manuseio e melhorando significativamente na segurança aos trabalhadores e ao meio ambiente.

Em 2018, a empresa começou a usar uma nova rota para destinar o resíduo (carbonato de amônio). A rota escolhida foi o coprocessamento, muito utilizada em fornos de cimenteiras. Conforme, Rocha *et al* (2011), a concepção tecnológica do coprocessamento baseia-se na queima dos resíduos no forno rotativo de clínquer em condições especiais. Os resíduos são processados nos fornos rotativos devido às condições específicas do processo, como alta temperatura, ambiente alcalino, atmosfera oxidante, ótima mistura de gases e produtos, e tempo de residência (> 2 segundos) geralmente suficiente para a destruição de resíduo perigoso. Neste processo o resíduo carbonato de amônio será destruído e fará parte da composição do cimento. No entanto, o processo demanda via tecnologia, consumo de energia e é necessita de investimentos na coleta, transporte e destinação.

Conforme dados atualizados do último contrato em andamento, o valor cobrado da empresa de cimento por esse serviço está por volta de R$ 800,00, aproximadamente, por metro cúbico (INB, 2021). Sabe-se que para cada tonelada de pó de UO_2 são produzidos 2,5 m³ de solução de carbonato de amônio. A previsão é de que sejam gerados até 216 m³ de solução de carbonato de amônio por ano (parte é reaproveitado no processo), quando se produzirem três recargas para os reatores das usinas de Angra 1, Angra 2 e Angra 3 (INB, 2019), gerando um custo de aproximadamente R$ 170.000,00 por ano na deposição final deste resíduo.

Neste contexto, o objeto de pesquisa como foco principal é o reaproveitamento do resíduo carbonato de amônio, num subproduto que poderá ser usado como adubo nitrogenado na agricultura (Sulfato de Amônio). Isso representa boa prática, sustentabilidade, compromisso socioambiental e econômico. Visto que, o Sulfato de amônio tem a sua aplicação em diversas culturas, alto valor agregado. Sendo também um dos principais adubos nitrogenado e mais usado no mundo inteiro. Sua saca de 50 kg em fevereiro de 2021 era comercializada em torno de R$ 91,21, conforme NF-e 6768 da Cooperativa Agropecuária de Barra Mansa (anexo 01), podendo gerar receitas de até

R$ 390.000,00 com sua comercialização. A redução de custo e venda de adubos poderia chegar a aproximadamente R$ 450.000,00, em um viés otimista.

Atualmente, ainda há Sulfato de Amônio (fase líquida e fase sólida) como resíduo na INB. Se ao longo do tempo a empresa não encontrar outra rota, que seja segura, sustentável e rentável, terá que continuar pagando para empresa de coprocessamento destinar um resíduo que pode ser tratado de forma diferente e, inclusive, gerar dividendos para empresa ao invés de despesas, transformando um resíduo em um insumo.

No que diz respeito ao processo de transformação do carbonato de amônio em sulfato de amônio, usa-se aproximadamente, para cada 1000 litros de Carbonato de Amônio (pH 12 a 14) em torno de 80 a 150 litros de ácido sulfúrico para produzir 1000 litros de Sulfato de Amônio (pH 4,5 a 6,5). Estas variações decorrem em função da concentração do carbono no resíduo, teor da concentração do ácido sulfúrico que está sendo usado para o tratamento e valor do pH do sulfato de amônio que se deseja no final. Tratando 1000 litros de Sulfato de Amônio produzem em torno de 220 kg de Sulfato de Amônio em cristais, no "Secador Spray".

No decorrer da dissertação será demonstrado todo o processo de transformação do carbonato de amônio em sulfato de amônio [$(NH_4)_2SO_4$], através da adição de ácido sulfúrico (H_2SO_4) com concentração entre 37% a 60% em quantidades controladas. O sulfato de amônio da INB (SAI) depois de finalizado será utilizado/reaproveitado em adubo nitrogenado.

Este produto, objeto de pesquisa, foi utilizado no experimento do cultivo de duas espécies de plantas do bioma Mata Atlântica (Aroeira Vermelha e Paineira Rosa), no campo numa área isolada para esse fim, e também em casa de vegetação climatizada, no cultivo de hortaliças "Rabanete e Rúcula".

De tal forma foi realizado todo um planejamento, para o projeto de pesquisa, desde o delineamento experimental estatístico, amostragem e análises das amostras SAC e do SAI, dos solos da casa de vegetação e do campo. O plantio das plantas na casa de vegetação e no campo, monitoramento, colheita, secagem e trituração das plantas para realização das análises. Sendo que estas análises foram realizadas nos laboratórios de Solos LSP (UFRRJ) para análises químicas e no Laboratório de Análises Ambientais e Simulação Computacional (LAASC) na Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia (COPPE/UFRJ) para análises de espectrometria gama. Com o objetivo de verificar, inicialmente, as concentrações de atividade (CA) de urânio

no fertilizante SAC e SAI e posteriormente a possível translocação destes metais e "radionuclídeo" para as massas de vegetais (espécies) analisadas, isto é, se haverá bioacumulação de desses materiais nas plantas e também nos solos onde foi aplicado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho foi estudar o tratamento, o reaproveitamento do rejeito carbonato de amônio do processo de produção do urânio utilizado como combustível nuclear, transformar em Sulfato de Amônio como subproduto e avaliar a possibilidade para aplicação como fertilizante nas diversas culturas agrícolas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar/medir a concentração de atividade (CA) do ^{235}U em ambos os tipos de fertilizantes (SAI) e (SAC).
- Analisar a equivalência química e agrícola do sulfato de amônio comercial (SAC) ao sulfato de amônio da INB (SAI) obtido a partir deste processo de produção da INB.
- Verificar nas espécies de controle e nas espécies que usaram ambos os tipos de fertilizantes, a translocação/absorção ou não, de metais e radionuclídeos para às plantas (espécies) cultivadas e também nos solos onde foi aplicado.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. O CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR

É o conjunto de etapas do processo industrial que transforma o mineral urânio, desde quando ele é encontrado em estado natural até sua utilização como combustível, dentro de uma usina nuclear. De forma resumida, são essas as seguintes etapas básicas do ciclo do combustível nuclear:

a) **Mineração e Produção de Concentrado de Urânio (U_3O_8) -** Na usina de beneficiamento o urânio é extraído do minério, purificado e concentrado sob a forma de um sal de cor amarela, conhecido como "Yellowcake", matéria prima para produção da energia gerada em um reator nuclear. No Brasil estas atividades atualmente são desenvolvidas em Caetité/BA.

b) **Conversão de U_3O_8 em UF_6 -** É a transformação do yellowcake (U_3O_8) em hexafluoreto de urânio (UF_6). Na usina de conversão, o urânio sob a forma de yellowcake, é dissolvido e purificado, obtendo-se então o urânio nuclearmente puro. A seguir, é convertido para o estado gasoso, o hexafluoreto de urânio (UF_6), para permitir a transformação seguinte que é o enriquecimento isotópico. Atualmente esta atividade somente é desenvolvida de forma comercial no exterior. Mas já existe projeto em andamento para implantação desta etapa no Brasil.

c) **Enriquecimento Isotópico -** A etapa de enriquecimento consiste na separação isotópica do ^{238}U e ^{235}U contidos no UF_6 produzido nas etapas anteriores. Os principais processos atualmente utilizados para este fim são a difusão gasosa e a ultracentrifugação. No nosso país usamos o processo da ultracentrifugação, com a utilização de tecnologia desenvolvida pelo Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP e implantada de forma comercial na Fábrica de Enriquecimento Isotópico instalada e produzindo na unidade da INB Resende-RJ.

d) **Reconversão do UF_6 em Pó de UO_2** - Reconversão é o retorno do gás UF_6 ao estado sólido, sob a forma de pó de dióxido de urânio (UO_2). O efluente Carbonato de Amônio que é o objeto de estudo do nosso projeto de pesquisa é gerado nesta etapa do processo. Idealizada na Fábrica de Reconversão e Pastilhas na Unidade INB de Resende-RJ. O processo detalhado se encontra no item 3.2.

e) **Fabricação de Pastilhas de UO_2** – Localizada Unidade de Resende. Nesta etapa o pó de UO_2 é prensado em forma de pastilhas, sinterizadas e retificadas para serem envaretadas na fábrica de elemento combustível nuclear.

f) **Fabricação de Elementos Combustíveis** – Localizada na Unidade de Resende. Nesta etapa é realizada a montagem do elemento combustível nuclear, que é composto por pastilhas de dióxido de urânio montadas em tubos de uma liga metálica especial - o zircaloy -, formando um conjunto de varetas cuja estrutura,

que tem até 5 metros de altura, é mantida rígida por reticulados chamados grades espaçadoras. Abastecem os reatores das Usinas Nucleares (Eletronuclear) em Angra dos Reis/RJ.

g) **Geração de Energia** – Usinas nucleares são centrais termoelétricas - como as convencionais - compostas de um sistema de geração de vapor, uma turbina para transformação do vapor em energia mecânica e de um gerador para a transformação de energia mecânica em energia elétrica. A geração de vapor, não ocorre em consequência da combustão de um material combustível, como o carvão e óleo, e sim devido à fissão de núcleos de átomos de urânio. Essa atividade é realizada na Eletronuclear em Angra dos Reis – RJ.

h) A próxima etapa tem um contexto particular e deve ser citado de forma mais abrangente, pois se trata da diferença entre o armazenamento do rejeito nuclear e do armazenamento de resíduos de uma forma geral. O rejeito nuclear da INB é armazenado no **Depósito de Rejeito de Baixa Atividade (DIRBA)** – Tem a função de ser um depósito inicial de rejeitos radioativo produzido nas fabricas a ele associado. Isto é, depósito associado à instalação que depois terá seu inventário de rejeitos transferido para um depósito final, a ser construído pelo órgão regulador da energia nuclear no Brasil. Conforme capítulo IV da norma Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) 8.02 Licenciamento de depósitos de rejeitos radioativos de baixos e médios níveis de radiação, estabelece os critérios gerais e requisitos básicos de segurança e proteção radiológica relativa ao licenciamento de depósitos iniciais, intermediários e finais de rejeitos radioativos de baixos e médios níveis de radiação, em atendimento à lei 10308/2001. Conforme o Art. 5º desta lei os depósitos de rejeitos são classificados em quatro tipos:

I – depósito inicial, destinado ao depósito de rejeitos radioativos cuja responsabilidade para administração e operação é do titular, pessoa jurídica responsável legal pela instalação geradora dos rejeitos; este é o caso da INB.

II- depósito intermediário, destinado a receber e, eventualmente, acondicionar rejeitos radioativos, objetivando a sua remoção para depósito final, em observância aos critérios de aceitação estabelecidos na Norma CNEN NN 6.09 - Critérios de aceitação para deposição final de rejeitos radioativos de baixo e médio nível de radiação;

III- depósito final, destinado à deposição final de rejeitos radioativos; ou

IV – depósito provisório, destinado a receber rejeitos radioativos provenientes de acidentes nucleares. (MCTI-CNEN, abril 2014).

Neste contexto, na Indústria Nucleares do Brasil, em Resende, tem o depósito classe I Depósito Inicial de Rejeito de Baixa Atividade (DIRBA). Sendo que o resíduo, carbonato de amônio, não faz parte desta classificação, portanto fica armazenado em tanques e ou big-bags empilhados em galpões, de produtos químicos, depois de tratado e transformado em cristais de Sulfato de Amônio.

3.2. CARBONATO DE AMÔNIO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UO_2 VIA ÚMIDA NA INB.

Carbonato de amônio é o composto químico de fórmula $[(NH_4)_2CO_3]$, conhecido comercialmente como "sal de amônio" ou "sal volátil". É produzido pela hidrólise da ureia aplicada ao solo, pela seguinte reação: $CO(NH_2)_2 + 2\ H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3$.

A geração do resíduo, carbonato de amônio, foco do nosso objeto de pesquisa, ocorre no processo de reconversão de produção de pó de UO_2 via úmida (figura 01). O urânio enriquecido na forma de gás é colocado em cilindros metálicos (modelo 30B), este é levado para aquecimento na autoclave. Em um tanque contendo água desmineralizada à temperatura controlada, o gás UF_6 é misturado com dois outros gases: o gás carbônico (CO_2) e o gás amoníaco (NH_3). A reação química entre eles produz um pó amarelado insolúvel em água, o tricarbonato de amônio e uranila (TCAU). Após filtração, lavagem e secagem do TCAU $(NH_4)_4\ UO_2\ (CO_3)_3$, é carregado no forno de leito fluidizado, numa temperatura em torno de 600°C. Neste forno, o TCAU é decomposto a UO_2 insolúvel em água em uma reação de piro hidrólise, gerando dois gases: CO_2 e NH_3. Esses são exauridos e lavados em contra corrente por água desmineralizada através de um lavador de gases, formando uma solução aquosa de $(NH4)_2$ CO3, o carbonato de amônio (INB, 2009). As reações que acontecem no forno de leito fluidizado para a produção de UO_2 são as seguintes:

$$\mathbf{(NH_4)_4\,[UO_2(CO_3)_3](s) \xrightarrow[T120\,^{o}C]{} UO_3(H_2O)x(s) + 4\,NH_{3(g)} + 3CO_{2(g)} \qquad 1}$$

$$\mathbf{H_2O(g) \rightarrow H_{2(g)} + ½\,O_{2(g)} \qquad 2}$$

$$CO_2(g) \rightarrow \frac{1}{2} O_2(g) + CO(g) \quad (3)$$

$$NH_3(g) \rightarrow \frac{1}{2} N_2(g) + 3/2\, H_2(g) \quad (4)$$

$$UO_3\, x(H_2O)_{(s)} + \frac{1}{3} H_2(g) \xrightarrow{T > 400\,^{\circ}C} \frac{1}{3} U_3O_8(s) + (1/3 + x)\, H_2O(g) \quad (5)$$

$$U_3O_8(s) + \frac{2}{3} H_2(g) \xrightarrow{T > 450\,^{\circ}C} UO_2(s) + \frac{2}{3} H_2O(g) \quad (6)$$

Os gases liberados e o vapor de água resultantes destas reações são direcionados para o lavador de gases onde acontecem as seguintes reações:

$$NH_3(g) + CO_{2(g)} + H_2O \quad (7)$$

$[(NH_4)_2\, CO_3]$ (líquido) - Solução de Carbonato de Amônio. (8)

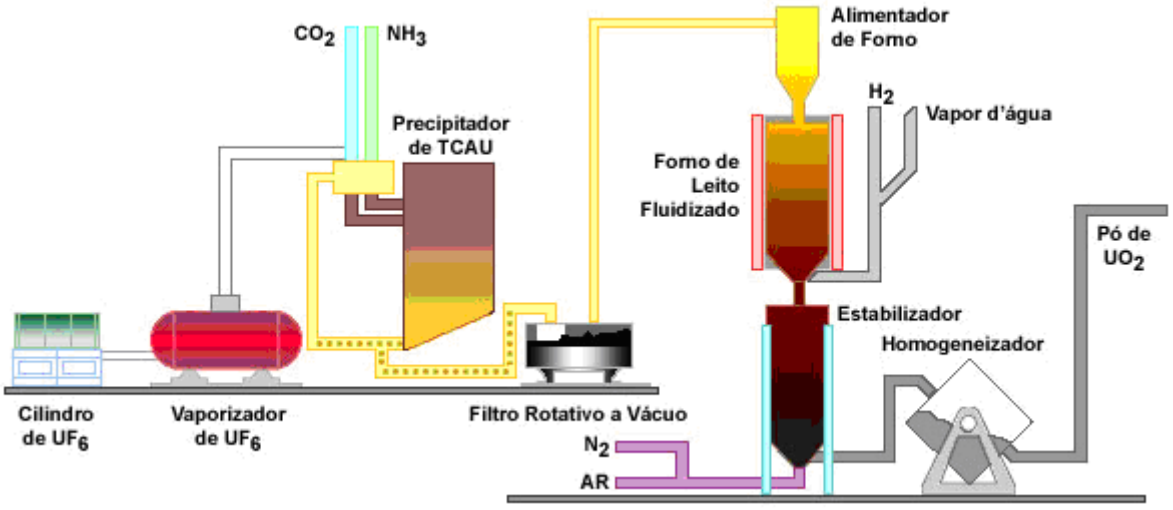


Figura 01 - Processo de reconversão de produção de pó de UO_2. Fonte: INB, 2015.

3.3. SULFATO DE AMÔNIO

O sulfato de amônio [$(NH_4)_2(SO_4)$], tem densidade de 1,67, que se decompõe a 235ºC é muito solúvel em água, tem 21% de Nitrogênio (N) e 24% de Enxofre (S), produto sólido, na forma de cristais ou granulado, produzido a partir da reação direta entre ácido sulfúrico e amônia. O consumo de sulfato de amônio no Brasil no ano de 2006 atingiu a marca de 1.820.000 toneladas, sendo que deste total 87% foram provenientes de importações. Fazendo com que o Brasil se tornasse mundialmente o maior importador de sulfato de amônio (Franco et al., 2007).

De acordo com Saraiva e Franco, 2007, na prática, a maior parte de sua produção é originária do processo de produção de caprolactama, de metacrilato de metila ou mesmo de processos metalúrgicos ou outros de recuperação de gases sulfurosos (SO_x). Sua produção está mais relacionada ao nível de atividade dos produtos principais destes processos produtivos do que à própria demanda de sulfato de amônio. Esse produto, embora tenha baixa concentração de N (21%), possui 24% de enxofre (S) em sua composição, que o torna importante, em especial para aplicação em solos carentes de Enxofre (S), característica típica de muitas regiões do Brasil. O Sulfato de Amônio é muito usado como fertilizante para reposição de nitrogênio e enxofre em solos cultivados, e contribui para aumentar a produtividade das lavouras. Pode ser aplicado em qualquer época do ano. Tem um ótimo retorno na produção, garantindo colheitas fartas e bem-sucedidas, seu uso excessivo pode acidificar o solo, necessitando assim de correção.

Conforme publicado na Revista Química, (Pinto, 2019), o sulfato de amônio pode ser obtido a partir de um subproduto do processo siderúrgico, a coqueificação. O gás liberado durante o processo de coqueificação nas baterias de coque com recuperação de subprodutos, chamado gás de coqueria, contém quantidades relevantes de amônia, que após tratada de maneira adequada e em contato com uma solução de ácido sulfúrico, resulta na formação de sulfato de amônio. Também da produção a partir do gesso, ou do reaproveitamento de subprodutos oriundos de processos metalúrgicos de extração de cobre, níquel e cobalto ou da produção de metacrilato de metila. Sendo que principais produtores de sulfato de amônio no país atualmente são a Unigel (capacidade instalada na ordem de 400 mil. t/ano) e a Petrobras (capacidade instalada de 303.000 t/ano). No caso da Unigel, a produção típica ocorre a partir do reaproveitamento de solução de sulfato de amônio, subproduto do processo de metil-metacrilato (MMA). Já

a Petrobras utiliza a rota sintética, isto é, a partir de amônia e ácido sulfúrico.

Neste contexto, estes processos vêm demonstrar compromissos ambientais, sustentáveis e econômicos, pois oferecem ao mercado um produto de alto valor agregado, o adubo nitrogenado, sulfato de amônio, oriundo de um resíduo regulado para descarte que provavelmente iria para um aterro sanitário e ou incinerado em algum forno específico.

3.3.1. USO DO SULFATO DE AMÔNIO COMO ADUBO NITROGENADO

O nitrogênio (N), por ser altamente dinâmico na natureza, é o nutriente que está mais sujeito a perdas no sistema solo-planta-atmosfera ocasionadas por volatilização, imobilização biológica, erosão e lixiviação. Conforme Collamer *et al*, *2007*, a baixa eficiência de recuperação do N do fertilizante aplicado às culturas tem sido atribuída, principalmente, às perdas gasosas do elemento (volatilização e desnitrificação) associadas ao uso preferencial de ureia em aplicações superficiais (cobertura) no solo. Nesse contexto, o sulfato de amônio apresenta algumas vantagens em relação à ureia e a outras fontes nitrogenadas, pois possui baixa tendência de perdas voláteis de N e baixa taxa de nitrificação, além de ser uma fonte econômica de enxofre (24% S).

Tais características proporcionam vantagens agronômicas, levando, com frequência, a rendimentos elevados e à melhoria na qualidade do produto agrícola. Resultados de produtividade obtidos em grande variedade de culturas e climas demonstram que esses benefícios podem ser obtidos tanto com o sulfato de amônio aplicado isoladamente como também quando utilizado em misturas, como sulfato de amônio + uréia.

O aumento na eficiência da ureia quando associada ao sulfato de amônio é significativo. Nota-se que, quando aplicada isoladamente, a ureia sofre grandes perdas de NH_3, resultado da alcalinização da solução próxima aos seus grânulos, durante a hidrólise. Já quando associada ao sulfato de amônio, as perdas são menores, em virtude, provavelmente, da reação acidificante do sulfato de amônio próximo aos grânulos da uréia, neutralizando o efeito local da elevação do pH. Pesquisa desenvolvida por Below (1995), na Universidade de Illinois, Estados Unidos, comprovou que o sulfato de amônio aplicado isoladamente em milho mostrou-se tão eficiente quantas outras fontes

nitrogenadas que receberam inibidores ou estabilizadores da nitrificação.

Em cana-de-açúcar colhida mecanicamente, sem queima, Vitti (2003) observou que, com a aplicação de sulfato de amônio, tanto em faixa quanto em área total, as perdas de N foram bem menores que as observadas com o uso de uréia. Na aplicação em faixa, a perda de N do sulfato de amônio foi da ordem de 2% do total aplicado, comparada a 32,4% com o uso da uréia. Quando as fontes foram aplicadas em área total, os resultados foram semelhantes, ou seja, 4% de perda de N com a utilização de sulfato de amônio contra 26% de perda de N com o uso de uréia.

Utilizando isótopo marcado (15N) para estimar as perdas de N dos fertilizantes no sistema solo-planta-resíduo, Collamer *et al, 2007*, observaram que, do total de N aplicado em faixa (70 kg ha-1), 51,3 kg (73,3%) foram recuperados no sistema com o uso de sulfato de amônio contra 38,4 kg (54,8%) com o uso de uréia. Quando aplicado em área total (a lanço), os resultados de recuperação de N apresentaram a mesma tendência, ou seja, 52,7 kg (75,3%) para o sulfato de amônio contra 39,1 kg (55,8%) para a uréia, mostrando que houve recuperação de 1/3 a mais do N aplicado com o uso de sulfato de amônio em comparação ao uso de uréia.

Estudo adicional mostrou que o sulfato de amônio proporcionou maior efeito residual na produtividade da 4ª soca da cana, comparado à ureia e ao nitrato de amônio, indicando aumento na eficiência de aproveitamento do N pelas plantas.

Esses resultados podem ser explicados pelo efeito mais duradouro do N no solo, quando na forma amoniacal, refletindo em maior efeito residual, tanto do N quanto do enxofre (S). Além disso, o enxofre (S) contido no sulfato de amônio melhora a absorção e o aproveitamento do N pelas culturas devido à sinergia positiva entre esses nutrientes.

As diferenças nas taxas de nitrificação do sulfato de amônio e da uréia ocorrem devido às diferenças de pH das soluções fertilizantes. O pH ótimo para a nitrificação está entre 7,9 e 9,0; o pH da solução da uréia situa-se ao redor de 9,0 e o da solução de sulfato de amônio ao redor de 5,1. Assim, o NH_4 da uréia nitrifica-se mais rapidamente que o NH_4 da solução de sulfato de amônio perdendo-se em maior quantidade do sistema.

Outra possível vantagem advinda do uso de sulfato de amônio diz respeito ao

aumento da solubilidade do fósforo e do manganês do solo, melhorando o aproveitamento desses nutrientes pelas plantas e aumentando a produtividade das culturas.

3.4. LEGISLAÇÃO

A Fábrica de Combustível Nuclear (INB Resende) produz efluentes líquidos que podem conter Urânio (U). Como prática regulada a liberação de efluentes requer autorização do órgão regulador. No Brasil essa autorização é dada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), este órgão regulador é que pode isentar o material do escopo regulatório.

Neste objeto de pesquisa, foi usado o efluente líquido "Carbonato de Amônio" e transformamos em subproduto o "Sulfato de Amônio" que depois de armazenados em tanque na forma líquida é submetido ao equipamento de processo, denominado "Secador Spray", onde é convertido em cristais com o objetivo de minimizar o volume do produto e facilitar sua armazenagem em galpões.

O produto está sob o escopo regulatório (CNEN) e que atualmente autoriza a empresa Indústrias Nucleares do Brasil destina-lo como resíduo em fornos de cimenteiras, em processo de coprocessamento. A legislação aplicada para este material basicamente está ligada ao seguinte escopo regulatório normas CNEN, que podem ser consultadas no (anexo 2) desta dissertação. Em seguida citamos uma parte mais contundente da legislação aplicável:

3.4.1. POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011 - CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO, ISENÇÃO E DISPENSA DE REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA (CNEN, 2011).

Esta Posição Regulatória refere-se aos requisitos da Norma CNEN-NN-3.01 "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica" expressos nas subseções 1.2.5, 5.3.6 e 5.3.7, relacionados, respectivamente, aos critérios de exclusão, isenção e dispensa da aplicação de requisitos de proteção radiológica.

AVALIAÇÃO DO REQUISITO

Os critérios de exclusão, isenção e dispensa contidos, respectivamente, nas subseções 1.2.5, 5.3.6 e 5.3.7 da Norma CNEN-NN-3.01. "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica" devem ser estabelecidos pela CNEN.

EXCLUSÃO

A exclusão se aplica a quaisquer exposições cuja intensidade ou probabilidade

de ocorrência não possa ser reduzida por ações de proteção radiológica, ou naqueles casos que a CNEN vier a considerar excluídos do seu controle.

Considera-se, desde já, exposições excluídas aquelas devidas à presença de K40 no corpo, à radiação cósmica na superfície da terra ou às concentrações não alteradas de radionuclídeos naturais existentes em praticamente todos os materiais ou matérias primas.

ISENÇÃO

A isenção se aplica a práticas e fontes associadas a práticas que, em função dos baixos níveis de radiação envolvidos, atendam aos critérios de isenção e/ou níveis de isenção estabelecidos nesta Posição Regulatória, 3.01/001:2011. As práticas e fontes precisam ser justificadas conforme os princípios gerais para isenção onde o risco individual associado á radiação seja irrelevante a danos radiológicos. Os impactos radiológicos coletivos devem ser suficientemente baixos de forma a não necessitar o cumprimento de requisitos de proteção radiológica, e as práticas e fontes devem ser inerentemente seguras, com probabilidade irrelevante de cenários que levem a uma não conformidade e devem está de acordo com os seguintes princípios: o risco individual e o impacto coletivo sejam irrelevantes. Sabendo que a dose efetiva esperada a ser recebida por qualquer indivíduo público seja inferior ou da ordem de10 mSv em qualquer período de um ano, e a dose efetiva coletiva não seja superior a 1 pessoa.Sv, a menos que uma avaliação de otimização da proteção radiológica ou da relevância social demonstre que a isenção é a solução ótima para aquela prática.

Quando a atividade total de um dado radionuclídeo presente a qualquer momento, ou a concentração de atividade usada não exceda os níveis de isenção apresentados na Tabela 01, materiais radioativos, estarão isentas da aplicação de requisitos de proteção radiológica. Neste objeto de pesquisa, o radionuclídeo estudado é o U-235, onde sua atividade limite é até 10.000 Bq e sua concentração limite é de 10 Bq/g.

A isenção de qualquer fonte ou prática deve ser sempre sujeita à aprovação pela CNEN, e depende, também, de condições específicas de controle, uso ou deposição, levando em conta as propriedades físicas e químicas do material radioativo. CNEN (2019). A isenção de grandes quantidades de material (superior a uma tonelada) com valores de concentração de atividade inferiores àqueles apresentados na Tabela 01 Pode necessitar maiores considerações por parte da CNEN, exceto quando a exposição for excluída.

Tabela 01 – NÍVEIS DE ISENÇÃO: ATIVIDADES E CONCENTRAÇÕES DE ATIVIDADES ISENTAS

Nuclídeos	Concentração de Atividade (Bq/g)	Atividade (Bq)
^{3}H	$1{\cdot}10^{06}$	$1{\cdot}10^{09}$
^{7}Be	$1{\cdot}10^{03}$	$1{\cdot}10^{07}$
^{235}U	$1{\cdot}10^{01}$	$1{\cdot}10^{04}$

Fonte: CNEN, 2011, com modificações do autor.

Na metodologia, item 4.3.2, cálculo de concentrações de atividade Bq/g e valores de isenção, respectivamente, foram demonstrados que o Sulfato de Amônio da INB (SAI) se encontra com valores muitos baixos (aproximadamente 128 vezes menor que o valor de isenção) e apesar de estar com valores superiores ao Sulfato de Amônio Comercial (SAC) que tem (aproximadamente 5000 vezes menor que o valor de isenção), ainda sim, se encontra com valores muitos baixos comparados com o máximo pedido na legislação para isenção que é 10 Bq/g.

Diante destes resultados, foi dado continuidade na pesquisa com o objetivo de determinar os possíveis valores de concentrações encontrados nas plantas que foram utilizadas como referências para o projeto de pesquisa.

3.5. ESPECTOMETRIA GAMA

3.5.1. SÉRIE RADIOATIVA DO ^{235}U:

Segundo LOPES, 2018, ^{235}U compõem 0,72% do urânio natural, e sua série de decaimentos envolve 13 radionuclídeos, sendo oito emissores alfa. Dos radioelementos da série, apenas o ^{235}U pode ser medido diretamente por espectrometria gama. Embora, ^{227}Th, ^{223}Ra e ^{219}Rn, possam ser medidos com pouco mais de dificuldade, pois apesar de serem emissores gama, a probabilidade de emissão é baixa, para faixa de energia dos fótons de interesse. A medida direta de ^{235}U na energia de 185,7 keV pode ser um infortúnio, visto que o ^{226}Ra tem emissão de energia em 186,0 keV. A incapacidade dos detectores gama de resolver essas duas energias é a maior dificuldade da medição direta do ^{235}U (GILMORE, 2008). Esta afirmação pode ser visto nos itens 4.5.2.4 e 4.6.5.2.

3.5.2. ATIVIDADE ESPECÍFICA

Uma das vantagens da espectrometria é a habilidade que existe no método para fazer medidas diretamente a partir de emissões gama sem a necessidade de alguma preparação química. Permite fazer identificações qualitativas e quantitativas de radionuclídeos que porventura estavam na amostra. Uma das técnicas existentes para quantificar emissões gama é a atividade específica, que determina a concentração de radionuclídeos em uma substância radioativa (LOPES, 2018).

Pode-se determinar a atividade específica de certo elemento dividindo a sua atividade específica por sua massa conforme equação abaixo.

$$A = \frac{N}{\varepsilon . P . t . m}$$

Onde:

N corresponde ao número de fótons, da energia de interesse, registradas pelo detector;

ε corresponde à eficiência de detecção.

P corresponde à probabilidade de emissão gama.

t corresponde ao tempo de aquisição do espectro (s).

m corresponde a massa da amostra (g).

A unidade normalmente usada para atividade específica é: [Bq/g].

3.5.3. ESPECTROMETRIA GAMA

A metodologia que foi utilizada nas amostras deste projeto de pesquisa para detecção de radiação ionizante é a espectrometria gama realizada no Laboratório de análise Ambiental e Simulação Computacional (LAASC/COPPE/UFRJ). Consiste numa técnica analítica não destrutiva que se baseia na geração de um pulso eletrônico proporcional à energia dos raios gama detectado, que é amplificado e processado por um sistema eletrônico que gera um espectro de contagens de emissões. Dessa forma, é possível identificação e quantificação de vários radioisótopos em uma variedade de

matrizes (tais como água, solos, alimentos, entre outros) FILGUEIRAS (2019).

Segundo, LOPES 2018**,** a radiação ionizante é o resultado da interação desta com algum meio sensível a esta radiação, de onde seja possível extrair informações. Existem vários pontos materiais que podem ser utilizados para a detecção de radiação ionizante, sendo os detectores mais utilizados aqueles que utilizam regiões sensíveis à base de gás, os detectores cintiladores, semicondutores e os detectores termoluminescentes. Para o presente trabalho foi utilizado um detector semicondutor do LAASC Figura 02**.**

O Sistema de espectrometria de raios gama do **LAASC** compreende os seguintes componentes:

a) Detector;
b) Fonte de alta tensão para alimentar o detector que possibilita aplicar tensão de 0 - 5000 V;
c) Pré-amplificador. A função básica dos pré-amplificadores é transformar a carga coletada no processo de detecção, num pulso de tensão, cuja amplitude é proporcional à carga total coletada;
d) Amplificador. Este além de amplificar, também da forma ao pulso (gaussiana, semi-gaussiana, etc.), vindo do pré-amplificador;
e) Analisador multicanal (MCA – Multichannell analyser);
f) Blindagem preferencialmente construída de chumbo para o detector com uma cavidade adequada para acomodar as amostras;
g) Microcomputador para instalação do MCA e do software de gerenciamento para armazenamento de dados;

Não é possível aferir ^{235}U no espectro, visto que a resolução de energia do detector não é suficiente para separar este pico do pico gerado pelo ^{226}Ra. Portanto, para calcular a concentração de atividade do ^{235}U, subtraiu-se a fração de ^{226}Ra usando a seguinte equação:

$$^{235}U = \frac{\left(\frac{\left(\frac{C\,R_{187}}{\varepsilon_{Peak}}\right)}{M} - \left[^{226}Ra\right] I_y\,^{226}Ra\right)}{I_v\,^{235}U} \qquad 3$$

Onde: CR_{187} é a taxa de contagem do pico centrado em 187 keV; onde:

$$C\,R_{187} = \frac{N-Bg}{t} \qquad \text{equação 4}$$

N = número de fótons da energia de interesse registradas pelo detector;
BG = Área no BG
t = tempo de aquisição do espectro (s),
ε_{pico} = eficiência de detecção nessa energia,
M = massa da amostra (g),
I γ ^{226}Ra = raio gama fração de emissão para ^{226}Ra,
I γ ^{235}U = fração de emissão de raios gama para ^{235}U,
[^{226}Ra] = concentração de atividade de ^{226}Ra na amostra (Bq.kg^{-1})
[^{235}U] = concentração de atividade do ^{235}U na amostra (Bq.g^{-1}) (Powell et al, 2007).

Neste projeto de pesquisa, para obter os espectros de emissão, foi utilizado detector de Germânio Hiper Puro (HPGe) vertical da Canberra, modelo GC 3020 com eficiência relativa de 30%. O cristal de germânio tipo coaxial possui 62 mm de diâmetro e 40 mm de altura. Este detector tem resolução em energia especificada pelo fabricante de 1,808 KeV para o pico de 1332 KeV do ^{60}Co.

Figura 02 – Detector de HPGe - Fonte: Autor 2021.

3.5.4. EFICIÊNCIA DE DETECÇÃO

A eficiência de detecção para cada energia foi feita utilizando o pacote de programa LabSOCS (Laboratory SOurceless Calibration Software) da Canberra. Para tal, foi necessário modelar a geometria utilizada (pote de 120 ml) em ambiente computacional inserindo as características físicas, químicas e geométricas do pote e da amostra analisada. Após a modelagem geométrica, o programa divide toda a região fonte (porta-amostra e amostra) em 1024 voxels, e de forma aleatória escolhe um ponto em cada voxel e calcula a eficiência e detecção a partir dos valores encontrados. Depois

o programa dobra o voxels e faz todo o processo novamente, e obedecendo a critérios de convergência compara os valores. Caso os valores de eficiência simulados não convirjam, o número de voxels é dobrado novamente até obter a convergência satisfatória (LOPES, 2018). Existem valores das energias simuladas, que são pré-definidas (45, 60, 80, 100, 150, 200, 300, 500, 700, 1000, 1400, 2000 keV). Segundo, LOPES, 2018, outra vantagem da simulação é que a correção devido ao efeito da auto atenuação da radiação gama já é feito diretamente pelo programa, não havendo necessidades de utilizar fatores de correção. Desta forma é gerada a curva de eficiência para amostra utilizada no experimento pelo programa LabSOcs para o detector de germânio hiperpuro (HPGe).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. TRATAMENTOS DO CARBONATO DE AMÕNIO PARA PRODUÇÃO DE SULFATO DE AMÔNIO

O Carbonato de Amônio [$(NH4)_2CO_3$] gerado no processo produtivo de pó de UO_2 via úmida, é analisado. Após todas as análises laboratoriais, estando com teor de urânio na ordem de até 10 ppm, a solução é transferida para tanques, onde será realizado o tratamento com adição de ácido sulfúrico com concentração entre 37% a 60% de forma controlada, com o objetivo de retirada do CO_2.

No final do processo de descarbonatação, com a adição do ácido sulfúrico, será gerada uma solução de sulfato de amônio [$(NH_4)_2\ SO_4$], numa concentração entre 180 g/l a 220 g/l, solução oriunda da reação química do carbonato de amônio com o ácido sulfúrico.

Conforme o uso é possível transformar esta solução de sulfato de amônio em estado sólido “pó” num equipamento específico de cristalização. O sulfato de amônio poderá ser usado em líquido e ou pó, conforme a necessidade. No nosso experimento usamos somente o Sulfato de Amônio cristalizado que foi processado no equipamento de secagem “Spray Drier”.

O processo de secagem por “Spray”, também conhecido como secagem por atomização, consiste em pulverizar uma solução líquida exposta a uma corrente de ar quente não saturado que deverá remover sua umidade, permitindo que o soluto que se encontrava diluído na solução seja obtido em forma de pó. Atualmente esse processo tem associação direta ou indireta com um grande número de produtos que são consumidos na vida diária. A secagem por “Spray” é largamente utilizada nas

industriais químicas. O sistema usado pela INB é conhecido por “Spray Dryer”, onde o líquido é pulverizado numa câmara cilíndrica vertical na forma de pequenas gotículas, onde se introduz o gás quente suficiente para fornecer o calor necessário para completar a evaporação do líquido e precipitar em cristais. (INB, 2015). Desta forma podemos reduzir o volume do produto, facilitando o seu armazenamento com mais segurança aos operadores e ao meio ambiente.

Figura 03 - Equipamento Spray Drier e Sulfato de Amônio (pó) - Fonte: Autor, 2019.

Na figura 07 temos o fluxograma de processo das etapas de reaproveitamento do Carbonato de Amônio em Sulfato de Amônio, onde está demonstrando as etapas de processo, desde a origem do resíduo carbonato de amônio, na fábrica de Reconversão, até a transformação em adubo nitrogenado (Sulfato de Amônio) e posteriormente destinação final, seja, para coprocessamento e ou uso como fertilizante.

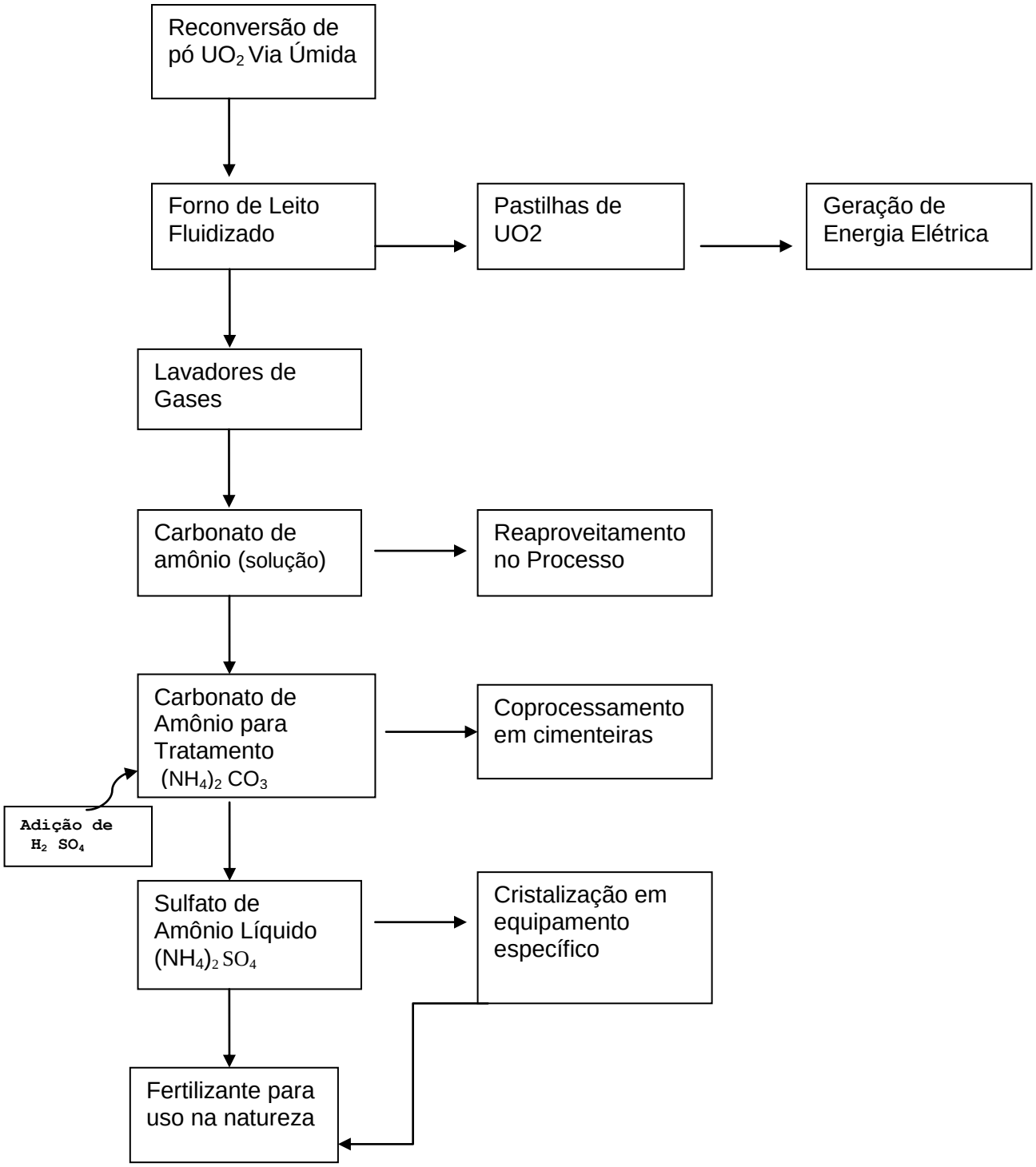


Figura 04 - Fluxograma de processo das etapas de reaproveitamento do Carbonato de Amônio em Sulfato de Amônio.

4.2. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

O trabalho foi previamente planejado, de modo a atender a todos os interesses do projeto e às hipóteses fundamentais e necessárias para a validade da análise estatística. O tratamento foi realizado com o adubo nitrogenado Sulfato de Amônio, fertilizante, para culturas diversas. Sendo, o Sulfato de Amônio da INB (SAI), proveniente do reaproveitamento do resíduo (Carbonato de Amônio) de indústria química (origem nuclear), e o SAC já comumente usado de forma regular nas culturas diversas do Brasil e exterior. O objetivo principal do experimento foi realizar o tratamento do carbonato de amônio, transformar em sulfato de amônio, avaliar a possibilidade de aplicação como fertilizante na agricultura, medir a translocação/absorção ou não de radiação gama dos fertilizantes, SAI e do SAC, para duas espécies de plantas da floresta nativa (aroeira vermelha e paineira rosa) e para duas espécies da culinária brasileira (rúcula e rabanete), respectivamente, analisar equivalência do SAC ao SAI obtido a partir do reaproveitamento do rejeito carbonato de amônio do processo de produção do urânio utilizado como combustível nuclear, bem como, verificar a concentração de atividade (CA) do urânio através dos resultados obtidos. As unidades experimentais do objeto de pesquisa foram constituídas por duas áreas distintas, vasos com plantas na casa de vegetação climatizada e por um grupo de plantas numa área no campo. No experimento da casa de vegetação utilizamos o delineamento inteiramente casualizado (DIC) e no campo utilizamos o delineamento de bloco ao acaso (DBA), visto que são mais apropriados para os casos específicos. De uma forma geral os experimentos partiram das seguintes premissas:

A INB possui toneladas de Sulfato de Amônio estocado em seus galpões de armazenamento de produtos químicos, que são colocados em big bag de até 200 kg. Desta forma, foram identificadas 06 embalagens (big bag) do 01 aos 06 e retiradas 01 amostra com aproximadamente 700 gramas de cada embalagem para análises no LAASC/COPPE/UFRJ (Figura 08). Da embalagem 05 também foi retirada uma parcela do SAI com aproximadamente 10 kg e enviada para o experimento na casa de vegetação LSP/UFRRJ. Foi enviada amostra do SAC, do solo da casa de vegetação e do solo do campo (site da INB) para análises de espectrometria gama no LAASC/COPPE/UFRJ. Os solos do campo e da casa de vegetação também foram amostrados para realização das análises químicas no LSP/UFRRJ. Elaborados os desenhos experimentais (croquis) dos delineamentos estatísticos e escolhidas as espécies/plantas para os experimentos;
Somente após os resultados das análises dos Sulfatos (SAI e SAC), as unidades

experimentais (casa de vegetação e área no campo) foram preparadas para execução dos experimentos conforme o programado.

Os teores totais de N, P e K no tecido vegetal foram determinados seguindo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). No solo, foram determinados os teores trocáveis de cálcio, magnésio, potássio e alumínio, fósforo assimilável, carbono orgânico e pH em H_2O na proporção 1:2,5 (solo:água), e os valores T, S e H segundo metodologia da EMBRAPA (2017).

Finalizado o tempo mínimo determinado para a execução dos experimentos, foi realizada a colheita, secagem, trituração das plantas, preparo das amostras, análises químicas e radiológicas nos laboratórios, LSP e LAASC, respectivamente. Neste contexto, diante dos resultados obtidos, finalmente, concluído o projeto com suas devidas recomendações e ou sugestões.

4.3. LOCALIZAÇÃO E EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos foram realizados em duas áreas distintas (campo e casa de vegetação) apesar de serem mais complexos por conta da logística, da mão de obra e do tempo limitante. No entanto, mesmo sabendo destas dificuldades, definiu-se pela realização dos dois experimentos. Esta metodologia mostrou-se importante e necessário para expressar de forma mais robusta os resultados e conclusões finais. Neste contexto, foi necessário compartilhar parte do projeto com a Universidade Federal e Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), que cedeu suas instalações (casa de vegetação, laboratórios) e da participação expressiva da universitária de graduação em engenharia agrônoma Cindy Ferreira, que trabalhou no experimento na casa de vegetação, sendo esse objeto de pesquisa um dos seus trabalhos de estágio curricular.

4.4. ESPÉCIES DO EXPERIMENTO

Como objeto de pesquisa para o experimento em campo, foram selecionadas duas espécies Aroeira Vermelha "*Schinus Terebinthifolius*, Família: Anacardiaceae" e a Paineira Rosa "*Chorisia Speciosa* A.St-Hll, Família: Bombocaceae" florestal nativa dentre muitas outras espécies disponíveis do Bioma Mata Atlântica. Utilizando como critério: espécies mais utilizadas em projeto de restauração, importância ecológica, mas principalmente, por possuírem raízes de excelente absorção dos nutrientes e de crescimento rápido. Características importantes para testar melhor a hipótese do objeto de pesquisa (translocação/absorção de possíveis radionuclídeos pela planta). No anexo 3

temos as fichas catalográficas das espécies do experimento da casa de vegetação e do campo.

Figura 05 - Aroeira vermelha – Fonte: Autor, 2021.

Figura 06 - Paineira Rosa - Fonte: Autor 2021.

Para o experimento na casa de vegetação climatizada foram utilizadas duas

espécies, Rúcula "*Eruca Sativa*" hortaliça de folhas largas e Rabanete "*Raphanus Sativus"* planta com raiz tuberosa, alimento da culinária brasileira. Espécies diferentes, mas em condições de ambiente semelhantes para obter um bom desenvolvimento e testar melhor a hipótese do objeto de pesquisa (translocação/absorção de possíveis radionuclídeos pela planta).

Figura 07 - Rabanete e Rúcula - Fonte: Autor, 2020.

4.5. AMOSTRAS DO SULFATO DE AMÔNIO DA INB E SULFATO DE AMÔNIO COMERCIAL PARA ANÁLISES DE RADIONUCLÍDEOS

O Sulfato de Amônio INB foi retirado e amostrado em 03 de julho de 2019, na INB Resende, de 06 sacos (big bags) de embalagem de Sulfato de amônio INB (SAI), entre muitos, que se encontram estocados no galpão de armazenagem de sulfato de amônio na INB. Os big bags foram identificados, separados e numerados, de 01 aos 06, como produto para experimentos e pesquisas. Destes big bags retiramos uma parcela de cada, com aproximadamente de 700 gramas, totalizando 06 amostras (Figura 08) que foram identificadas e separadas para envio ao LAASC/COPPE. Retirados também 10 kg de Sulfato de Amônio (SAI) do Big Bag 05 e levado para uso no experimento na casa de vegetação do LSP (UFRRJ).

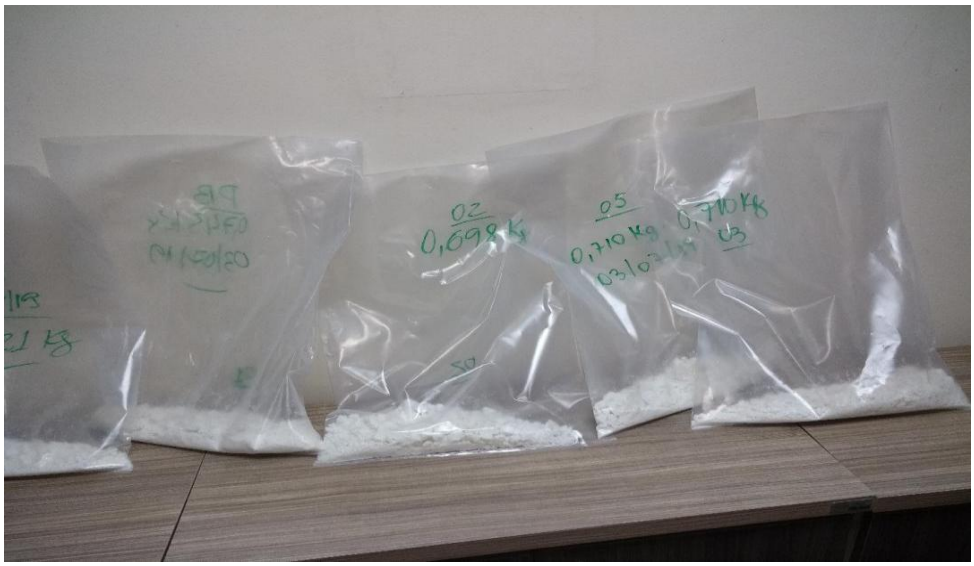


Figura 08 – Sulfato de Amônio INB (SAI) - Fonte: autor 2019;

Foram separados 3,0 kg de SAC e levado para análises (espectrometria gama) no Laboratório de Análises Ambientais e Simulação Computacional (LAASC), instalado no bloco I-2000 – Setor MM2 da COPPE/UFRJ, onde são desenvolvidas atividades de ensino e pesquisa na área de Física Nuclear Aplicada.

Esta etapa inicial é primordial, pois em caso positivo para valores abaixos dos limites de isenção, vai permitir a continuidade nos trabalhos com segurança e sustentabilidade. Logo após a obtenção dos resultados destas análises será possível saber o valor da quantidade de radionuclídeos presentes em todas as amostras dos fertilizantes, SAI e SAC. Assim, teremos o respaldo e a segurança necessária para realizar a aplicação do fertilizante da INB (SAI) no meio ambiente, sabendo que ele se encontra dentro dos limites permitidos em legislação da CNEN - **POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011,**

4.5.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DOS (SAI e SAC) PARA ANÁLISES RADIOLÓGICAS (ESPECTROMETRIA GAMA) E QUÍMICAS.

Em outubro de 2019 foi realizada a preparação das amostras do SAI e do SAC no LAASC para realização das análises. Inicialmente colocamos as amostras em frascos de 120 ml, 02 amostras de Sulfato de Amônio Comercial (SAC) e 06 amostras de SAI, realizadas as pesagens e lacrados os frascos para estabilização das amostras por um período mínimo de 35 dias, para obter o equilíbrio secular.

Para obter os espectros da radiação gama foi utilizado o detector de Germânio Hiper Puro (HPGe) vertical da Canberra, modelo GC3020, com eficiência relativa de 30%. Segundo, Lopes 2018, o cristal de germânio tipo coaxial possui 62 mm de diâmetro e 40 mm de altura. Este detector semicondutor tem resolução em energia especificada pelo fabricante de 1,808 KeV para o pico de 1332 KeV do ^{60}CO. O tempo de contagem teve a duração de 28.800 segundos para cada amostra.

As análises foram realizadas em dezembro de 2019, sendo o responsável pelas análises: M. SC Alessandro Mariano Domingues; responsável pelo laboratório: Dr. Ademir Xavier da Silva, responsável pela radioproteção: Dr. Wagner de Souza Pereira.

A eficiência de detecção para cada energia foi feita utilizando o pacote de programa LabSOCS (Laboratory SOurceless Calibration Software) da Canberra. Modelada a geometria utilizada do pote de 120 ml em ambiente computacional inserindo as características físicas, químicas e geométricas do pote e da amostra analisada. As energias em keV são simuladas e pré-definidas, resultando sua eficiência e percentual de incertezas. Seguem abaixo os resultados dos dados obtidos:

5- RESULTADOS

Tabela 02- Eficiência de detecção simulada Sulfato de amônia SAC 120 ml:

Energia (KeV)	Eficiência	% incertezas
45	0,01406	15
60	0,03285	10
80	0,04779	10
100	0,05366	10
150	0,05202	10
200	0,04476	8
300	0,03271	8
500	0,02115	6
700	0,01617	6
1000	0,01234	4
1400	0,00957	4
2000	0,00706	4

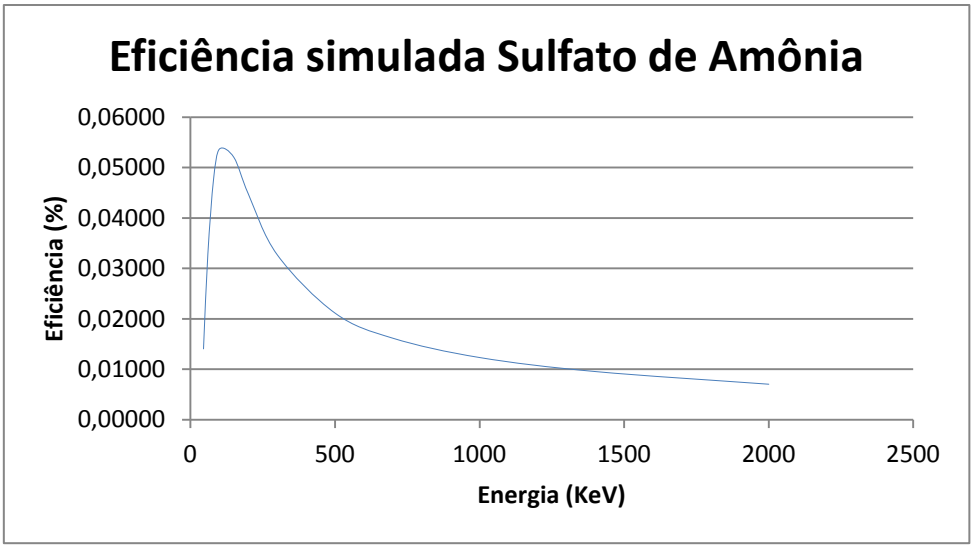


Figura 09- eficiência simulada da geometria utilizada para espectrometria gama das amostras de sulfato de amônia comercial 120 ml – Fonte: autor, 2019.

Nos Espectros gama (Figuras 10 e 11) das amostras de SAC está sendo demonstrados os resultados obtidos nas 02 amostras analisadas. A energia em 185,7 keV é do ^{235}U visto que no restante do espectro está limpo para ^{226}Ra em 609 keV.

Tabela 03- Massa das amostras de sulfato de amônia comercial:

Sulfato de amônio comercial	Massa (g)	Eficiência
1	139.66	0.044764
2	126.36	0.044764

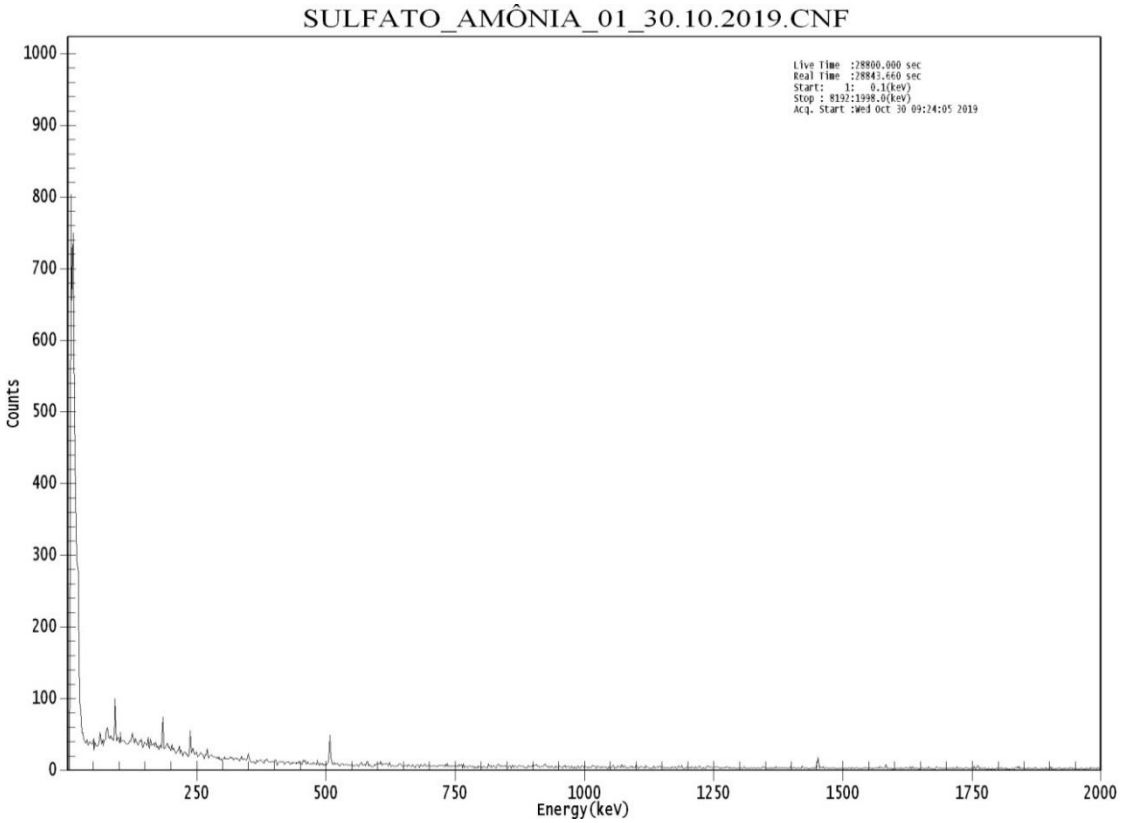


Figura 10- Espectro gama da amostra 01 do Sulfato de Amônia Comercial (SAC) – Fonte: Autor, 2019.

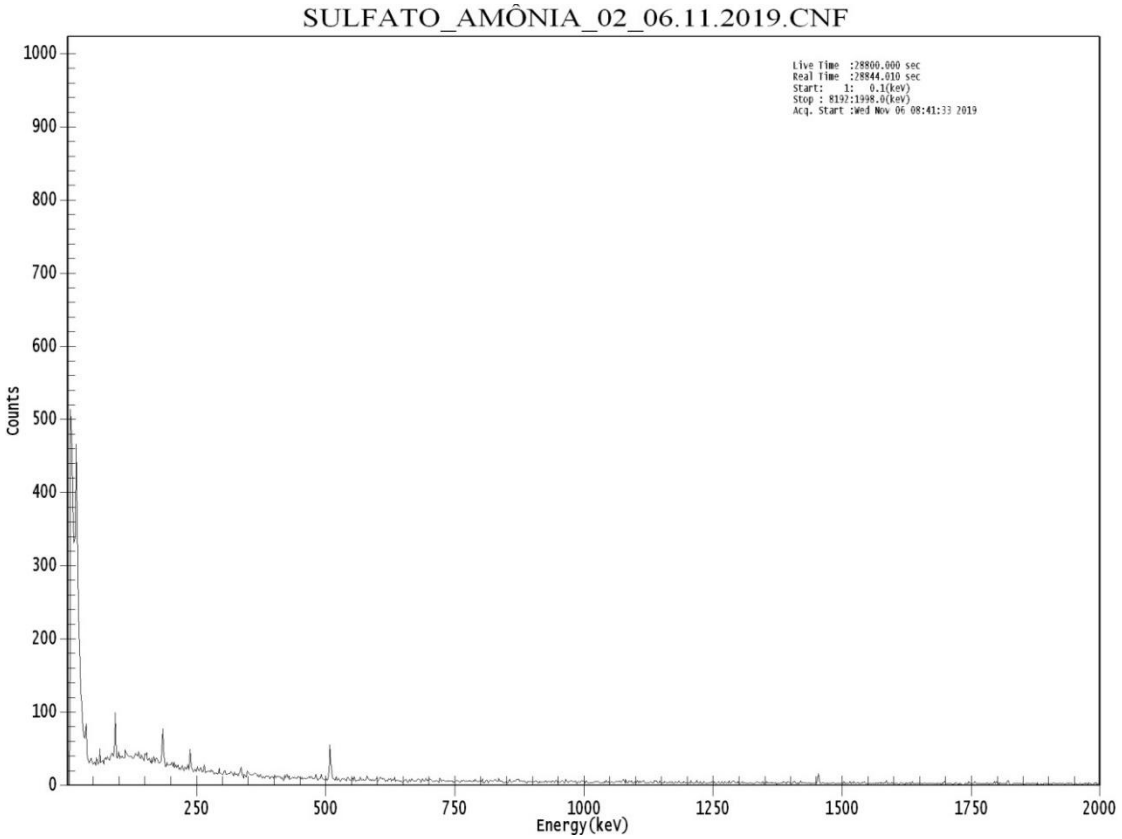


Figura 11- Espectro gama da amostra 02 do Sulfato de Amônia Comercial (SAC) – Fonte: Autor, 2019.

As duas amostras, tiveram registrado o valor de concentração de atividade de 0,002 Bq/g, abaixo do limite de isenção por norma, legislação da CNEN - **POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011,** conforme demonstrado pelos cálculos da concentração da atividade das amostras do SAC no item 4.3.2.

Tabela 04 - Eficiência simulada por LabSocs, Sulfato de Amônio INB (SAI) 120ml:

Energia (KeV)	Eficiência	% incerteza
45	0.02162	15
60	0.04541	10
80	0.06240	10
100	0.06825	10
150	0.06412	10
200	0.05421	8
300	0.03873	8
500	0.02436	6
700	0.01831	6
1000	0.01373	4
1400	0.01048	4
2000	0.00762	4

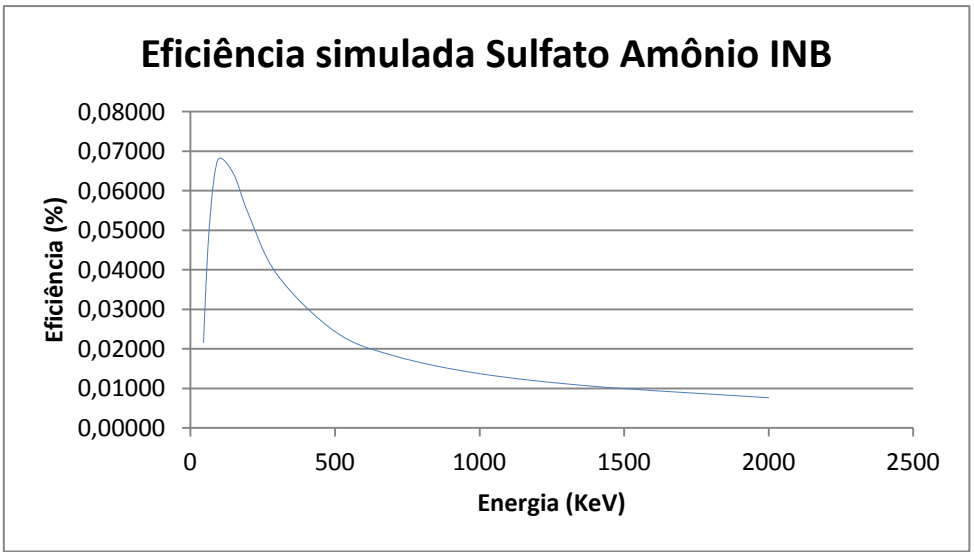


Figura 12- eficiência simulada da geometria utilizada (pote de 120 ml) para espectrometria gama das amostras de sulfato de amônio INB:

Tabela 05 - Massa das amostras de Sulfato de Amônio INB (SAI):

Sulfato de Amônio INB **(SAI)**	Massa (g)	Eficiência
1	122,19	0,044764
2	132,45	0,044764
3	130,8	0,044764
4	128,72	0,044764
5	125,87	0,044764
6	120,5	0,044764

Nos Espectros gama (Figuras 13 aos 18) das amostras de sulfato de amônio INB (SAI) está sendo demonstrados os resultados obtidos nas seis amostras analisadas. A energia em 185,7 keV é do ^{235}U visto que no restante do espectro está limpo para ^{226}Ra em 609 keV.

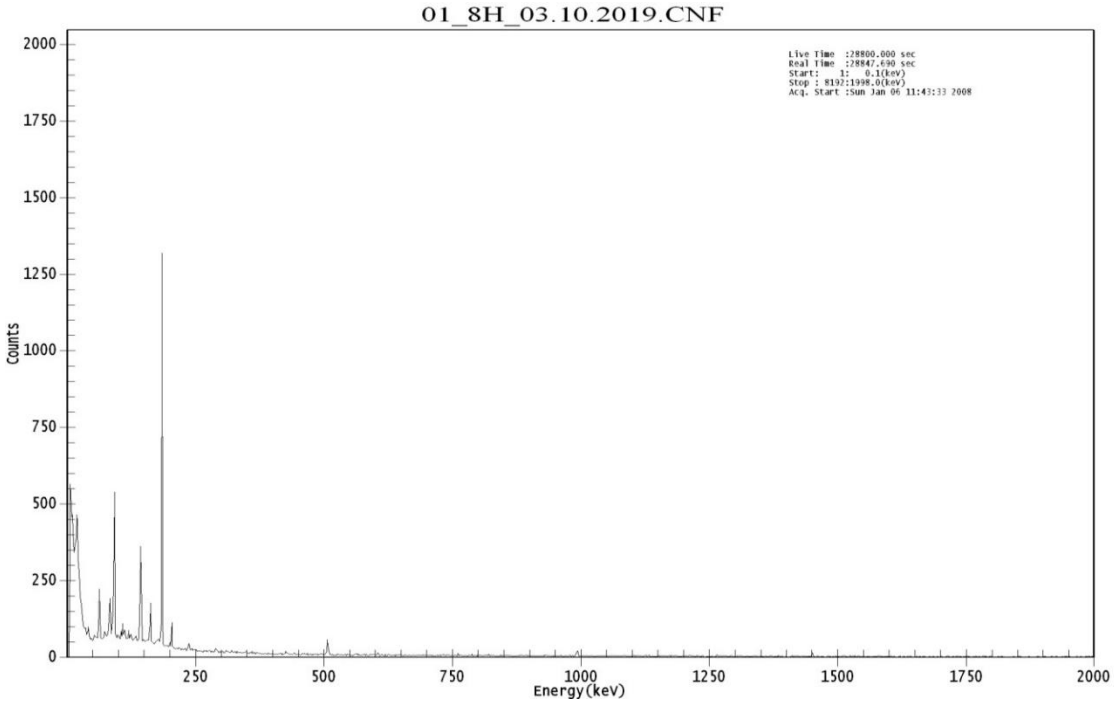


Figura 13- Espectro gama da amostra 01 do Sulfato de Amônio INB (SAI): – Fonte: Autor, 2019.

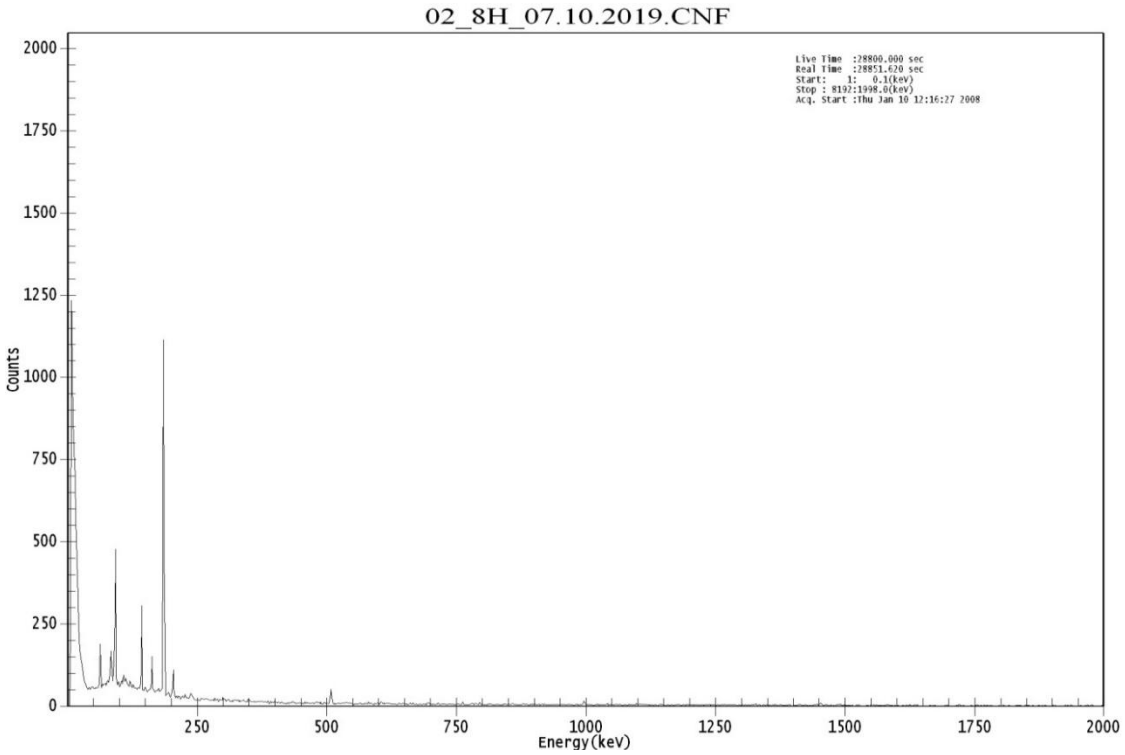


Figura 14- Espectro gama da amostra 02 do Sulfato de Amônio INB (SAI): – Fonte: Autor, 2019.

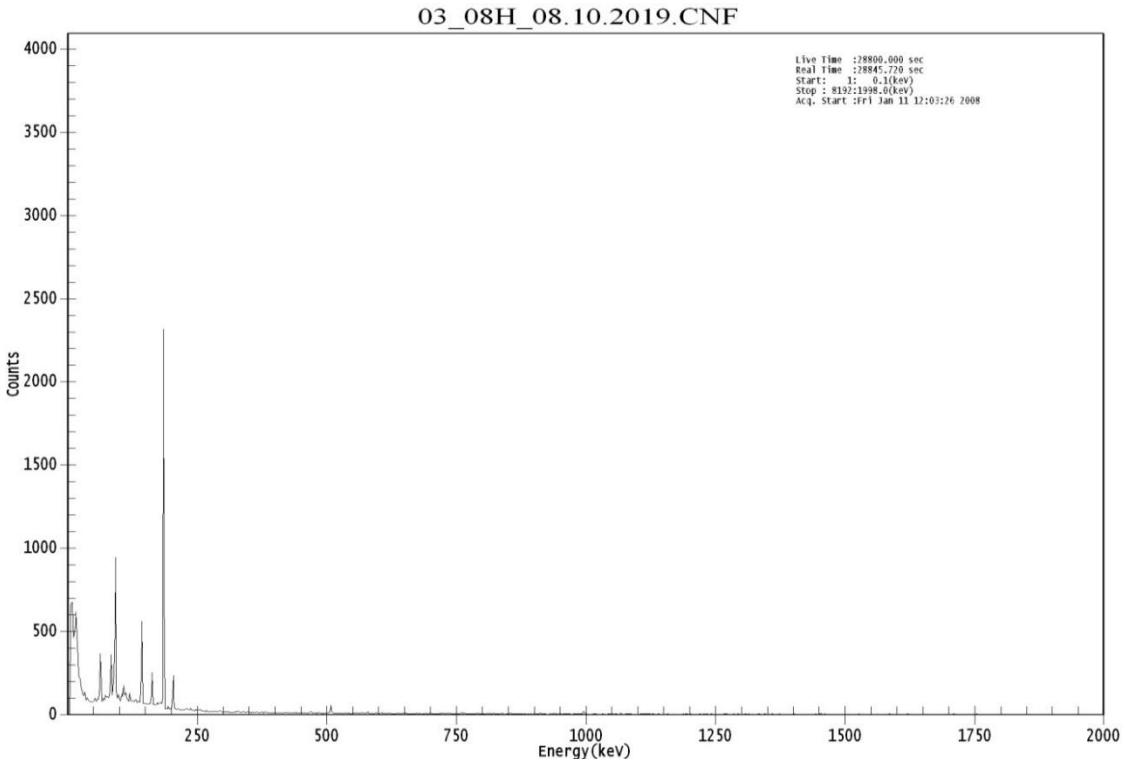


Figura 15- Espectro gama da amostra 03 do Sulfato de Amônio INB (SAI): – Fonte: Autor, 2019.

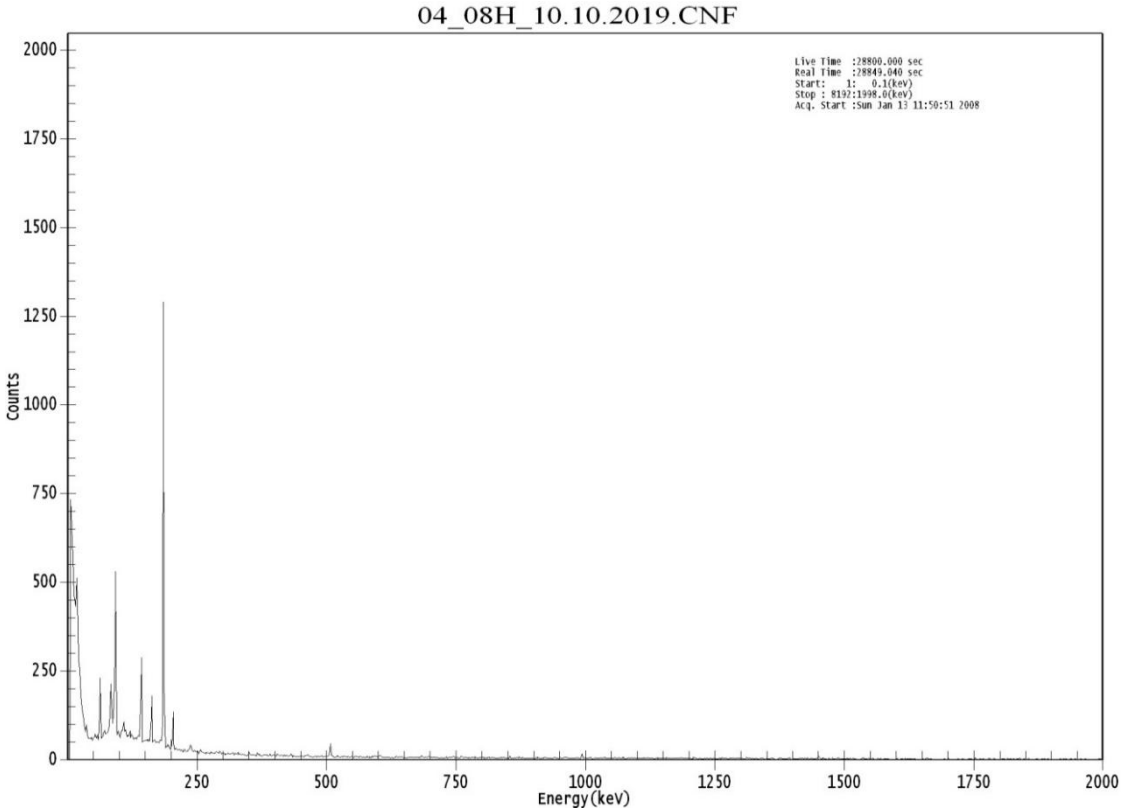


Figura 16- Espectro gama da amostra 04 do Sulfato de Amônio INB (SAI): – Fonte: Autor, 2019.

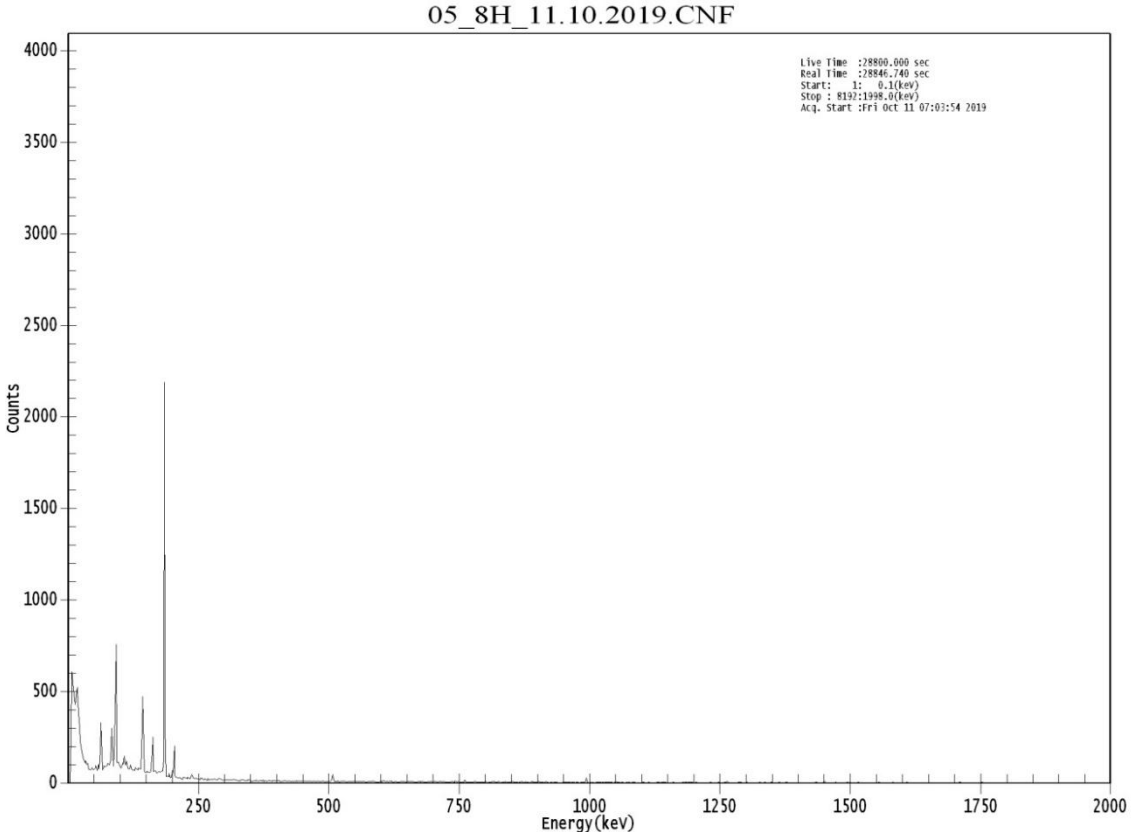


Figura 17- Espectro gama da amostra 05 do Sulfato de Amônio INB (SAI): – Fonte: Autor, 2019.

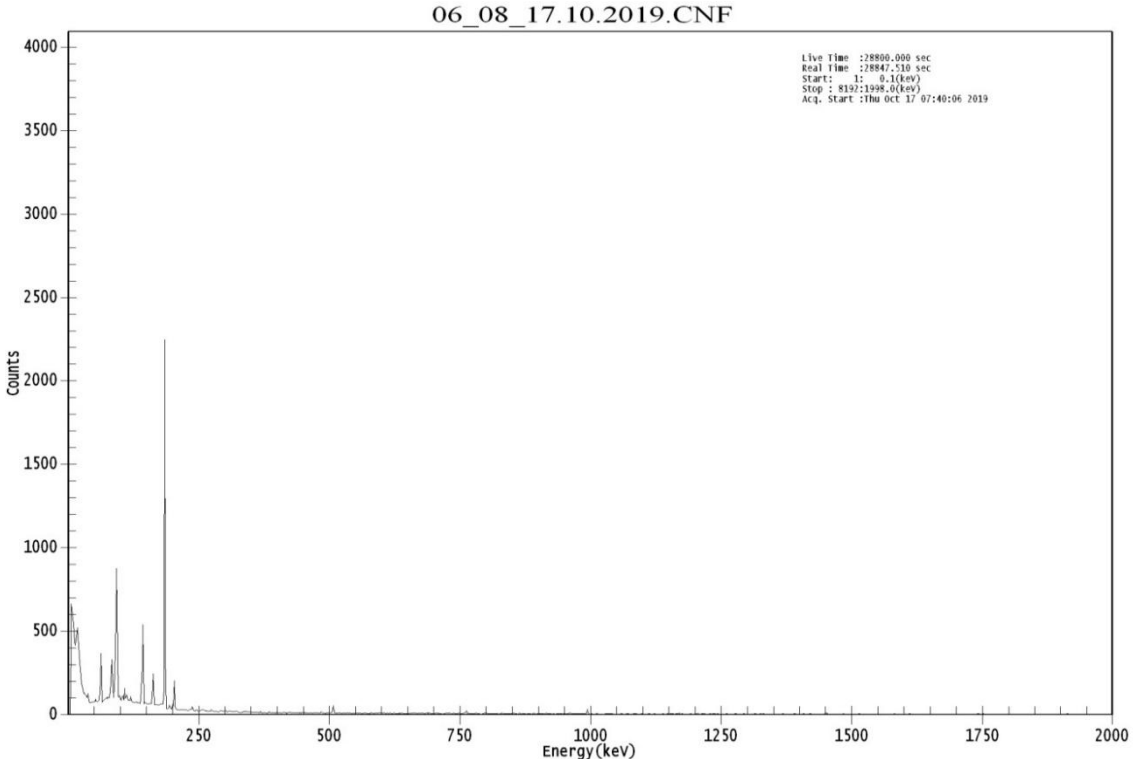


Figura 18- Espectro gama da amostra 06 do Sulfato de Amônio INB (SAI): – Fonte: Autor, 2019.

5.1. CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE DAS AMOSTRAS DO SULFATO DE AMÔNIO COMERCIAL E SULFATO DE AMÔNIO DA INB EM BQ/g;

$CA = \frac{N}{\mathcal{E}.P.t.m}$ $(\frac{Bq}{g})$ - fórmula geral:

Onde: N = número de fótons, da energia de interesse, registradas pelo detector;

$\mathcal{E}$= eficiência de detecção.

P = probabilidade de emissão gama.

t = tempo de aquisição do espectro (s).

m = massa da amostra (g).

- **Cálculo da concentração da atividade das amostras do Sulfato de Amônio Comercial em Bq/g;**

Assim, $CA = \frac{N}{\mathcal{E}.P.t.m}$ $(\frac{Bq}{g})$

$CA_{1=} \frac{207}{0,044764\,.\,0,57\,.\,28800\,.\,140} = \frac{0,28}{140} = 0,002$ Bq/g

$CA_{2=} \frac{247}{0,044764\,.\,0,57\,.\,28800\,.\,136} = \frac{0,34}{136} = 0,002$ Bq/g

Tabela 06 - Cálculo de concentração de atividade das amostras do sulfato de amônio comercial e sulfato de amônio da INB e valores de isenção da norma CNEN.

Energia 185,7 keV SAC	N	P	t	Efic.	Valores para		CA (Bq/g)	Nível de isenção	
					Ativ. (Bq)	Massa (g)		10000 (Bq)	10 (Bq/g)
1-	207	0.57	28800	0.044764	0.28	140	0,002	10000	10
2-	247	0.57	28800	0.044764	0.34	136	0,002	10000	10
SAI	**N**	**P**	**t**	**Efic.**	**Ativ. (Bq)**	**Massa (g)**	**CA (Bq/g)**		
1-	6374	0.57	28800	0.044764	8.67	122	0,067	10000	10
2-	5468	0.57	28800	0.044764	7.44	132	0,053	10000	10
3-	11726	0.57	28800	0.044764	15.96	130	0,116	10000	10
4-	6391	0.57	28800	0.044764	8.70	128	0,064	10000	10
5-	10373	0.57	28800	0.044764	14.12	126	0,106	10000	10
6-	10875	0.57	28800	0.044764	14.80	120	0,117	10000	10

Fonte: Autor, 2021.

Cálculo da concentração da atividade das amostras do Sulfato de Amônio da INB (SAI) em Bq/g;

Assim, $CA = \frac{N}{\varepsilon.P.t.m}\ (\frac{Bq}{g})$

$CA_{1=} \frac{207}{0{,}044764\ .\ 0{,}57\ .\ 28800\ .\ 140} = \frac{8{,}2}{122} = 0{,}067$ Bq/g

$CA_{2=} \frac{247}{0{,}044764\ .\ 0{,}57\ .\ 28800\ .\ 136} = \frac{7{,}03}{132} = 0{,}053$ Bq/g

$CA_{3=} \frac{207}{0{,}044764\ .\ 0{,}57\ .\ 28800\ .\ 140} = \frac{15{,}08}{130} = 0{,}116$ Bq/g

$CA_{4=} \frac{207}{0{,}044764\ .\ 0{,}57\ .\ 28800\ .\ 140} = \frac{8{,}22}{128} = 0{,}064$ Bq/g

$CA_{5=} \frac{207}{0{,}044764\ .\ 0{,}57\ .\ 28800\ .\ 140} = \frac{13{,}34}{126} = 0{,}106$ Bq/g

$CA_{6=} \frac{207}{0{,}044764\ .\ 0{,}57\ .\ 28800\ .\ 140} = \frac{13{,}99}{120} = 0{,}117$ Bq/g

As amostras de 01 aos 06 tem um limite de concentração de atividade médio de 0,087 Bq/g, este valor está abaixo do limite de isenção por legislação da CNEN - POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011, conforme demonstrado pelos cálculos da

tabela 06.

O Nível de isenção, conforme norma da CNEN, 2011, tem um valor limite de CA de 10 Bq/g.

Pelos resultados obtidos o sulfato de amônio comercial (SAC) nas duas amostras, tem o valor de concentração de atividade de 0,002 Bq/g, está com um valor de 5000 vezes abaixo do limite de isenção, ou seja, quatro ordens de grandeza abaixo do LI, conforme legislação em vigor;

Em contrapartida o sulfato de amônio da INB (SAI), tem um limite de concentração de atividade médio de 0,087 Bq/g, está com um valor em média aproximado de 115vezes abaixo do limite de isenção, ou seja, três ordens de grandeza abaixo do NI, conforme legislação em vigor; desta forma podendo ser utilizado no meio ambiente de forma segura e sustentável.

5.2. EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO NA CASA DE VEGETAÇÃO COM HORTALIÇAS (RABANETE E RÚCULA)

O trabalho teve seu início em março de 2020, foi conduzido em casa de vegetação onde as plantas (Figura 19), Rabanete e Rúcula, foram cultivados de forma paralela em vasos preenchidos com 7 litros de planossolo. Cada unidade experimental contendo quatro plantas (rúcula ou rabanete) foi alocada ao acaso em arranjo fatorial duplo onde os tratamentos consistiram em duas fontes (SAC e SAI) e quatro doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 200 kg N ha^{-1}), sendo três repetições por tratamento, totalizando 42 unidades experimentais. A adubação basal consistiu na incorporação ao volume total de solo de todos os vasos, quantidades correspondentes a 60 e 90 kg ha^{-1} respectivamente de potássio (K_2O) e fósforo (P_2O_5). A adubação nitrogenada foi realizada por fertirrigação, parcelada em duas doses, sendo a primeira dose com 40%, após 13 dias da semeadura, e a segunda dose com 60%, após 25 dias da semeadura.

Figura 19 – Experimento na casa de vegetação com Rabanete e Rúcula
Fonte: autor 2021.

5.2.1. COLETA E SECAGEM DAS HORTALIÇAS

Decorridos 40 dias da semeadura, as plantas foram colhidas, separadas em parte aéreas e raízes, secas em estufa de circulação de ar forçada (65 ºC), pesadas e moídas, onde foram determinados e quantificados os teores de nutrientes, no solo e nas plantas, e se há presença de contaminantes. Separadas também amostras dos solos dos vasos que foram tratados com o fertilizante Sulfato de Amônio da INB (SAI), e foi enviado para análises no LAASC, para determinar a presença de radionuclídeos na amostra. A fitomassa obtida foi submetida às análises químicas, quantificando-se os teores de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995), fósforo a partir de espectrofotometria e potássio por fotometria de chama, determinados a partir de digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). Resultados dos valores dos acúmulos da

massa seca se encontram na tabela 7, os valores dos teores de nutrientes NPK nas hortaliças do experimento da casa de vegetação se encontram na Tabela 8 e o acúmulo dos nutrientes NPK na Tabela 9.

Na Tab. 7 foi verificado que, estatísticamente, a concentração de 50 g·vaso^{-1}foi que apresentou melhor resultado na produção de massa seca, tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·vaso^{-1}) e produção de massa seca (g), neste experimento, só foi quebrada pela parte aérea e raiz de rabanete, onde a menor produção de massa seca foi registrada na concentração de 100 g·vaso^{-1}. Mesmo com este ponto diferente do padrão, podemos inferir que existe uma relação inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante adicionada ao vaso e a produção de matérias seca pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·vaso^{-1}.

Tabela 7- Acúmulo (média) de massa seca nas hortaliças do experimento da casa de vegetação.

Massa Seca Hortaliças (g·vaso^{-1})		**Tukey test**
Parte Aérea e Raiz de Rabanete		
Controle	14,57	-
SAI 50	16,19	a
SAI 100	12,43	c
SAI 200	12,95	b
SAC 50	15,68	a
SAC 100	13,91	b
SAC 200	11,69	c
Parte Aérea Rúcula		**Tukey test**
Controle	10,20	-
SAI 50	11,73	a
SAI 100	9,61	b
SAI 200	5,98	c
SAC 50	11,74	a
SAC 100	8,98	b
SAC 200	7,53	c

Na Tab. 8 foi verificado que, estatísticamente, a concentração de 200 g·kg^{-1}foi que apresentou melhor resultado na produção de teores de nitrogênio (N), tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão diretamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·kg^{-1}) e teores de nitrogênio (g), neste experimento, se manteve estáveis, onde a maior produção de teores de nitrogênio foi registrada na concentração de 200 g·kg^{-1}. Neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 200 g·kg^{-1}.

As respostas na Tab. 8 para teores de fósforo (P) foram verificadas que, estatísticamente, a concentração de 50 g·kg^{-1}foi que apresentou melhor resultado na produção de fósforo, tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·k^{-1}) e produção de teores de fósforo (g), neste experimento, só foi quebrada pela parte raiz de rabanete, onde a maior produção de fósforo foi registrada na concentração de 200 g·kg^{-1}. Mesmo com este ponto diferente do padrão, podemos inferir que existe uma relação inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante adicionada ao vaso e a produção de teores de fósforo pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·kg^{-1}.

Na Tab. 8 foi verificado também que, estatísticamente, a concentração de 100 e 200 g·kg^{-1}foi que apresentaram os melhores resultados na produção de teores de potássio (K), tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão diretamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·kg^{-1}) e teores de potássio (g), neste experimento, só foi quebrada, na parte aérea de rabanete, onde a menor produção de potássio foi registrada na concentração de 100 g·kg^{-1}. Mesmo com este ponto diferente do padrão, podemos inferir que existe uma relação diretamente proporcional entre a concentração de fertilizante adicionada ao vaso e a produção de teores de potássio pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 200 g·kg^{-1}.

Tabela 8 - Teores dos Nutrientes (média) nas hortaliças do experimento da casa de vegetação.

Tratamento	N g/kg	Tuket test	P g/kg	Tuket test	K g/kg	Tuket test
Parte Aérea Rabanete						
Controle	22,25	-	3,06	-	28,95	-
SAI 50	55,66	b	3,06	a	26,74	b
SAI 100	85,53	a	3,07	a	24,22	b
SAI 200	84,00	a	3,02	b	28,45	a
SAC 50	51,50	b	3,04	a	24,66	a
SAC 100	85,04	a	3,05	a	21,76	b
SAC 200	84,03	a	2,99	b	25,67	a
Raíz de Rabanete						
Controle	23,90	-	2,94	-	30,73	-
SAI 50	47,22	b	2,72	a	28,66	c
SAI 100	72,88	a	2,72	a	35,83	a
SAI 200	72,56	a	2,51	b	30,54	b
SAC 50	48,45	c	2,91	b	27,76	a
SAC 100	58,94	b	2,97	a	26,75	a
SAC 200	77,88	a	3,00	a	26,09	a
Parte Aérea Rúcula						
Controle	22,23	-	2,73	-	24,06	-
SAI 50	49,33	c	2,52	a	28,85	b
SAI 100	77,41	b	2,38	b	37,45	a
SAI 200	100,67	a	2,53	a	37,15	a
SAC 50	51,73	c	2,95	a	27,16	c
SAC 100	81,87	b	2,81	b	39,30	a
SAC 200	88,50	a	2,76	c	36,98	a

Na Tab. 9 foi verificado que, estatísticamente, a concentração de 100 e 200 g·planta^{-1} foi que apresentaram os melhores resultados na produção acumulada de nitrogênio (N), tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão diretamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·planta^{-1}) e acúmulo de nitrogênio (g), neste experimento, se manteve estáveis, onde a maior produção acumulada de nitrogênio foi registrada na concentração de 100 e 200 g·planta^{-1}, com 100 g·planta^{-1} um pouco melhor. Neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 100 g·planta^{-1}.

As respostas na Tab. 9 para acúmulo de fósforo (P) foram verificadas que, estatísticamente, a concentração de 50 g·planta^{-1} foi que apresentou melhor resultado na produção acumulada de fósforo, tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão inversamente

proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·planta^{-1}) e produção do acúmulo de fósforo (g), neste experimento, se manteve constante. Neste contexto, podemos inferir que existe uma relação inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante adicionada ao vaso e a produção acumulada de fósforo pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1}.

Na Tab. 9 foi verificado também que, estatísticamente, a concentração de 50 g·planta^{-1} foi que apresentou melhor resultado na produção acumulada de potássio (K), tanto na parte aérea, quanto na raiz, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (rabanete e rúcula). O padrão inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·planta^{-1}) e acúmulo de potássio (g), neste experimento, se manteve constante. No entanto os valores de concentração de 100 e 200 g·planta^{-1} se mantiveram não muito distantes que os de 50 g·planta^{-1}. Neste contexto podemos inferir que existe uma relação inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante adicionada ao vaso e a produção acumulada de potássio pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1}.

As respostas da Tabela 08 e 09 deveriam ser idênticas, porém foram identificadas pequenas diferenças, que o desenho amostral não foi suficiente para identificar o parâmetro gerador da diferença.

Tabela 9 - Acúmulo dos Nutrientes (média) nas hortaliças do experimento da casa de vegetação

Tratamento	N g/planta	Tuket test	P g/planta	Tuket test	K g/planta	Tuket test
Raiz e Parte Aérea Rabanete						
Controle	0,34	-	0,04	-	0,43	-
SAI 50	0,84	b	0,05	a	0,43	a
SAI 100	1,00	a	0,04	b	0,36	b
SAI 200	1,02	a	0,04	b	0,37	b
SAC 50	0,78	c	0,05	a	0,41	a
SAC 100	1,01	a	0,03	b	0,34	b
SAC 200	0,95	b	0,03	b	0,30	c
Parte Aérea Rúcula						
Controle	0,23	-	0,03	-	0,25	-
SAI 50	0,58	c	0,03	a	0,34	a
SAI 100	0,73	a	0,025	b	0,35	a
SAI 200	0,60	b	0,02	c	0,22	b
SAC 50	0,59	c	0,045	a	0,33	a
SAC 100	0,74	a	0,025	b	0,35	a
SAC 200	0,66	b	0,020	c	0,27	b

5.2.2. RESULTADOS DO DELINEAMENTO ESTATÍSTICO DO EXPERIMENTO DA CASA DE VEGETAÇÃO

No anexo 04 temos todos os resultados das análises de variância (ANOVA) das plantas de rúcula e no anexo 05 os resultados das plantas de rabanete.

5.2.2.1. RESULTADO DA MASSA FRESCA DE RÚCULA

A figura 20 apresenta a relação massa fresca das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa fresca da parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P > 0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes (SAI e SAC) proporcionaram quantidades de matéria fresca da parte aérea iguais estatisticamente. No anexo 04 temos os resultados das análises de variância (ANOVA) das plantas de rúcula.

Tabela 10 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) da massa fresca de Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	83,89
2	SAI	78,46
3	Controle	63,27

Com relação ao teste de Tukey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa úmida. E em relação à dose, pode-se observar na figura 20 que o plantio com a dose 50 e 100 kg ha^{-1} obtiveram a mesma produção de massa fresca, do ponto de vista estatístico, que a concentração de 200 e 100 kg ha^{-1}. Logo do ponto de vista de produção e custo, recomenda-se a utilização da concentração de 50 kg ha^{-1}.

Tabela 11 – Resultado do teste de Tukey de massa fresca de Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	98,25 a
a	100	88,62 a
b	200	56,65 b

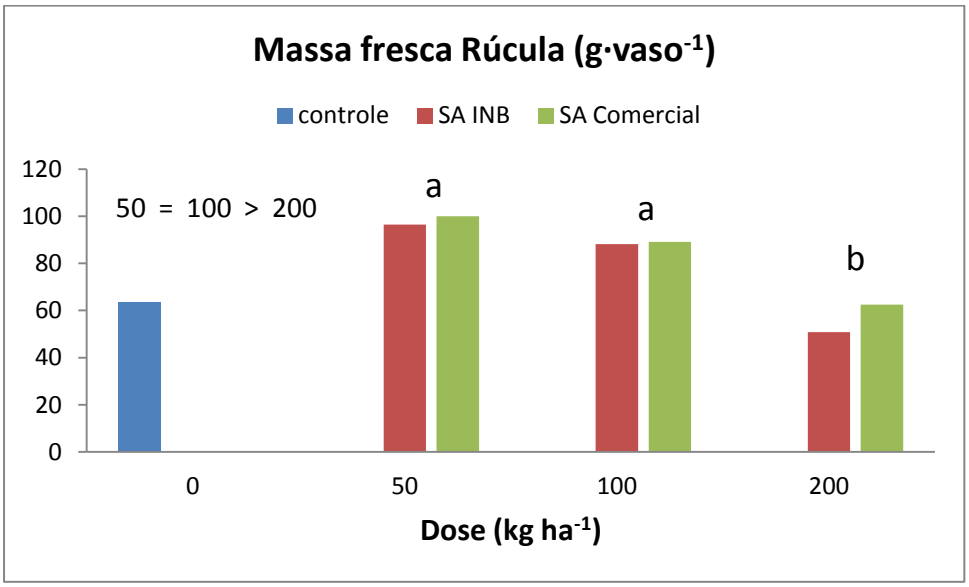


Figura 20 – Massa fresca (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rúcula submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.2.2.2. RESULTADO DA MASSA SECA DE RÚCULA

A figura 21 apresenta a relação massa seca das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca da parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de

fertilizantes proporcionaram quantidades de matéria seca da parte aérea iguais estatisticamente.

Tabela 12 - Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) da massa seca de Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	9,42
2	SAI	9,10
3	Controle	10,20

Com relação ao teste de Tukey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 21 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 13 – Resultado do teste de Tukey de massa seca de Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	11,74 a
b	100	9,30 b
c	200	6,76 c

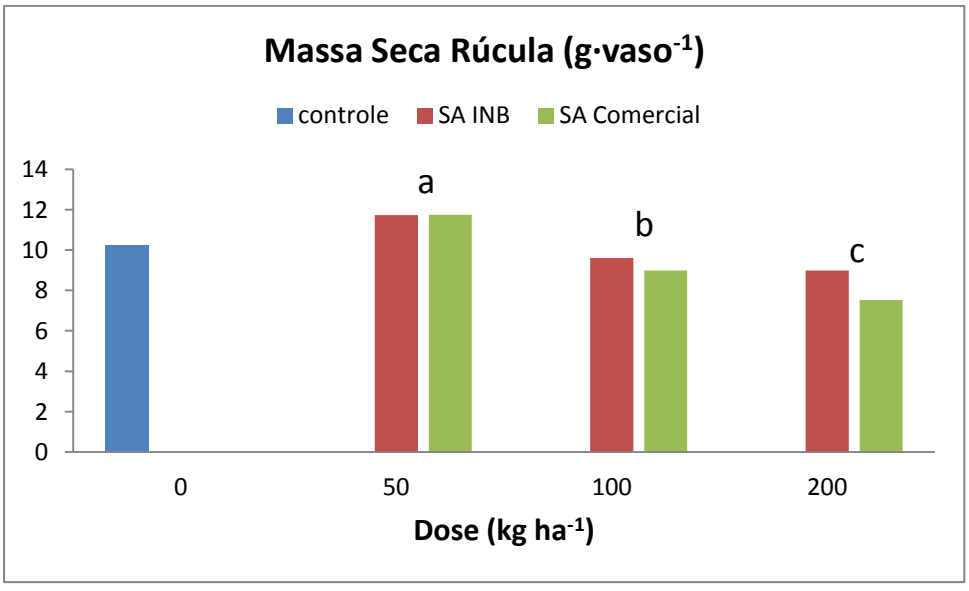


Figura 21 – **Massa seca (g· $vaso^{-1}$) de plantas de rúcula submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

5.2.2.3- RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA

A figura 22 apresenta a relação do nutriente, nitrogênio, das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAC e SAI), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio na parte aérea iguais estatisticamente.

Tabela 14 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para teor de Nitrogênio na parte aérea da Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	74,04
2	SAI	75,81
3	Controle	22,23

Com relação ao teste de Tukey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar a figura 22 que o plantio com a dose 200 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado**.**

Tabela 15 – Resultado do teste de Tukey de teor de Nitrogênio na parte aérea da Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	200	94,59 a
b	100	79,64 b
c	50	50,53 c

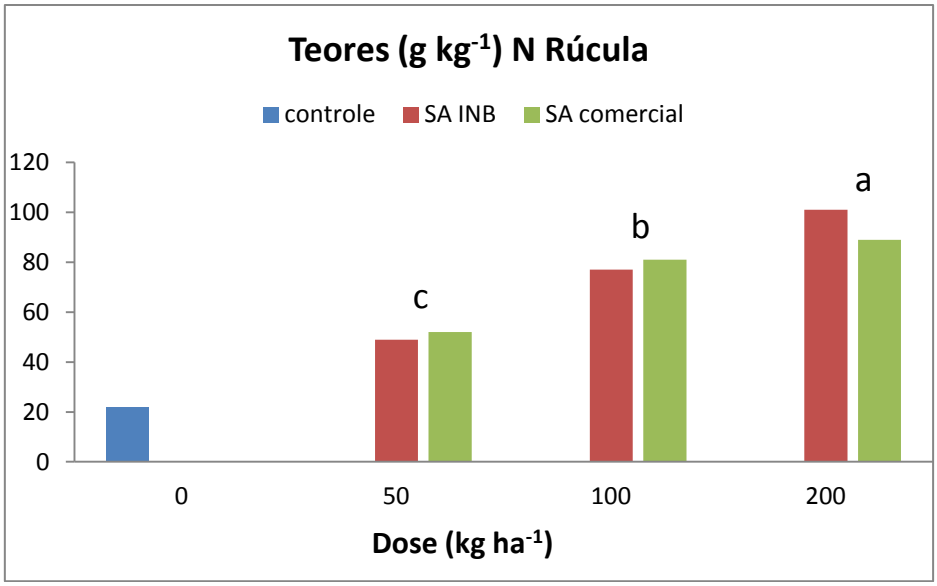


Figura 22 – Teores (g kg^{-1}) de nitrogênio em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.4 - RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA

A figura 23 apresenta a relação do nutriente, fósforo, das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo na parte aérea iguais estatisticamente.

Tabela 16 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para teor de fósforo na parte aérea da Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	2,84
2	SAI	2,47
3	Controle	2,73

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nutriente fósforo. Em relação à dose, pode-se observar na Figura 23 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 17 – Resultado do teste de Tukey de teor de fósforo na parte aérea da Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	2,73 a
b	200	2,64 b
c	100	2,59 c

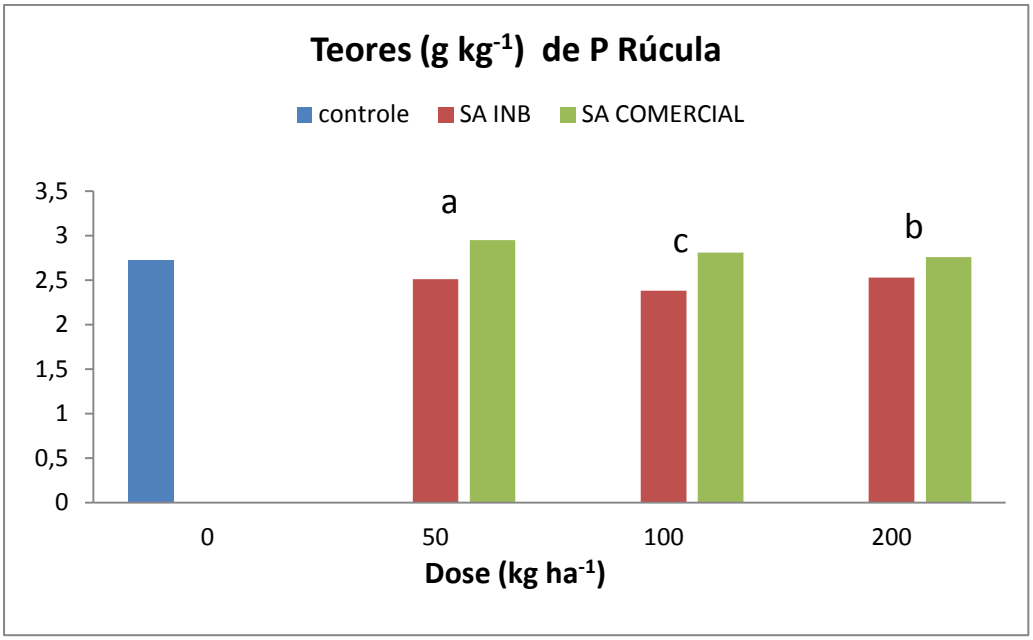


Figura 23- Teores (g kg^{-1}) de fósforo em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.5 - RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA

A figura 24 apresenta a relação do nutriente, potássio, das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio na parte aérea iguais estatisticamente.

Tabela 18 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para teor de potássio na parte aérea da Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	34,48
2	SAI	34,48
3	Controle	24,06

Com relação ao teste de Tukey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nutriente potássio. Em relação à dose, pode-se observar na figura 24 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} tiveram resultados melhores e iguais estatisticamente.

Tabela 19 – Resultado do teste de Tukey de teor de potássio na parte aérea da Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	38,38 a
a	200	37,06 a
b	50	28,01 b

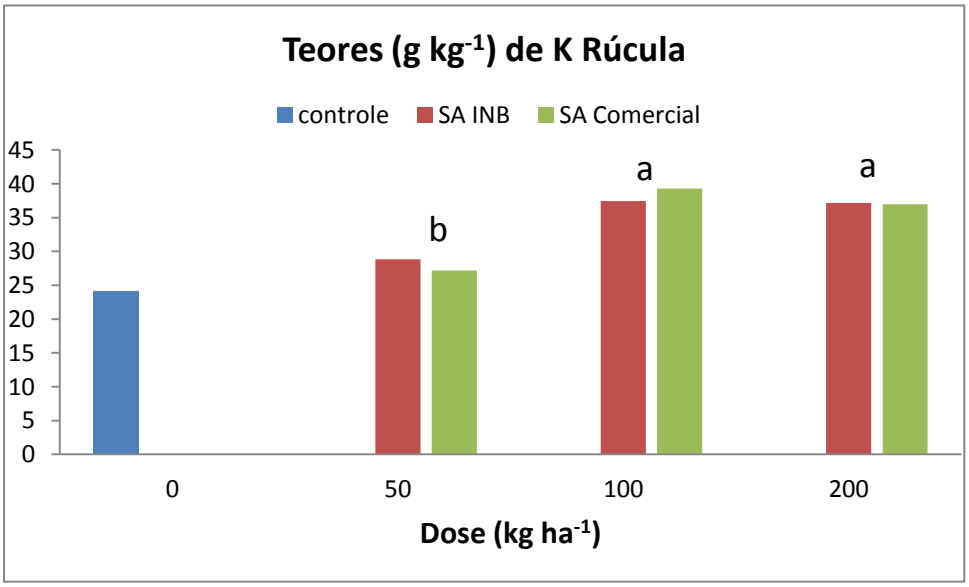


Figura 24- Teores (g kg^{-1}) de potássio em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.6- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA

A figura 25 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, nitrogênio, das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante, onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes (SAI e SAC), porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio na parte aérea iguais estatisticamente.

Tabela 20 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para acúmulo de nitrogênio na parte aérea da Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,66
2	SAI	0,64
3	Controle	0,23

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 25 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado**.**

Tabela 21 – Resultado do teste de Tukey de acúmulo de nitrogênio na parte aérea da Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	0,74 a
b	200	0,63 b
c	50	0,59 c

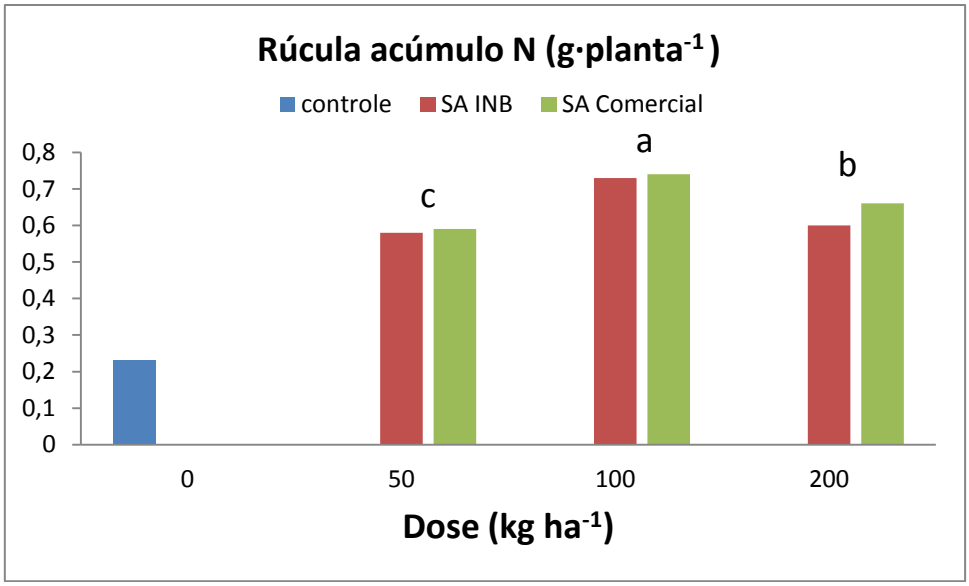


Figura 25– Acúmulo de nitrogênio (g·planta^{-1}) em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.7- RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA

A figura 26 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, fósforo, das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo na parte aérea das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 22 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para acúmulo de fósforo na parte aérea da Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,03
2	SAI	0,025
3	Controle	0,03

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de nutriente fósforo. Em relação à dose, pode-se observar na Figura 26 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 23 – Resultado do teste de Tukey de acúmulo de fósforo na parte aérea da Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	0,03 a
a	100	0,028 a
b	200	0,02 b

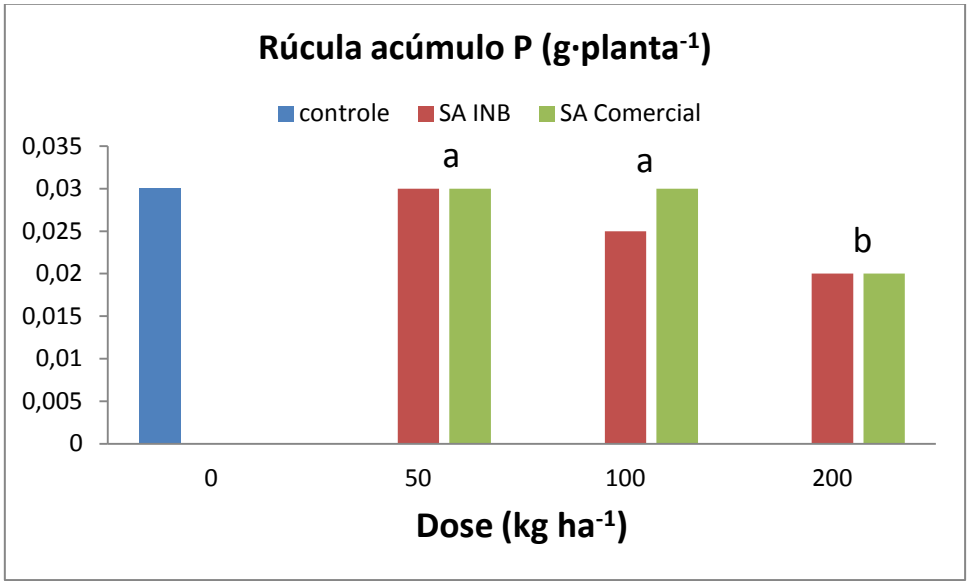


Figura 26 - Acúmulo de fósforo (g·planta^{-1}) em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.8- RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) NA PARTE AÉREA DA RÚCULA

A figura 27 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, potássio, das plantas de rúcula com dose e tipo de fertilizante (SAI eSAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio na parte aérea iguais estatisticamente.

Tabela 24 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para acúmulo de potássio na parte aérea da Rúcula.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,32
2	SAI	0,31
3	Controle	0,25

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nutriente potássio. Em relação à dose, pode-se observar n figura 27 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} e 50 kg ha^{-1} tiveram resultados melhores e iguais estatisticamente.

Tabela 25 – Resultado do teste de Tukey de acúmulo de potássio na parte aérea da Rúcula.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	0,36 a
a	50	0,34 a
b	200	0,25 b

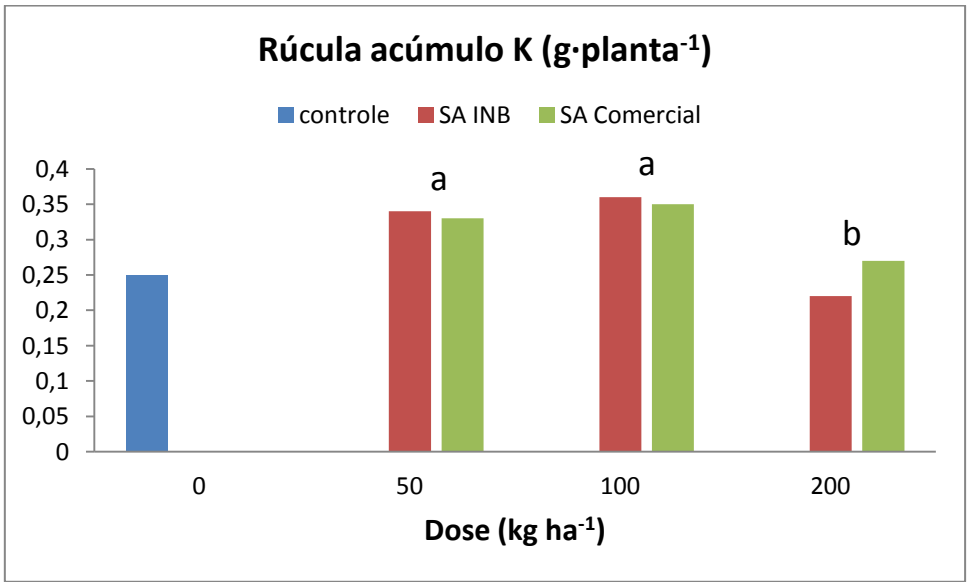


Figura 27 - Acúmulo de potássio (g·$planta^{-1}$) em folhas de rúcula submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

- **Síntese do acumulado de massa seca e NPK para as plantas de rúcula:**

Na figura 28 verificamos o acumulado de massa seca e NPK para as plantas de rúcula do experimento da casa de vegetação, onde podemos dizer que não há diferença no padrão entre os fertilizantes, SAC e SAI. Observa-se a tendência de um padrão

inversamente proporcional entre a concentração dos fertilizantes e produção de massa seca e de nutrientes (NPK), assim, a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1}. Pode-se observar ainda que ambos os fertilizantes produziram massa seca e nutrientes de NPK positivamente para cultura de Rúcula.

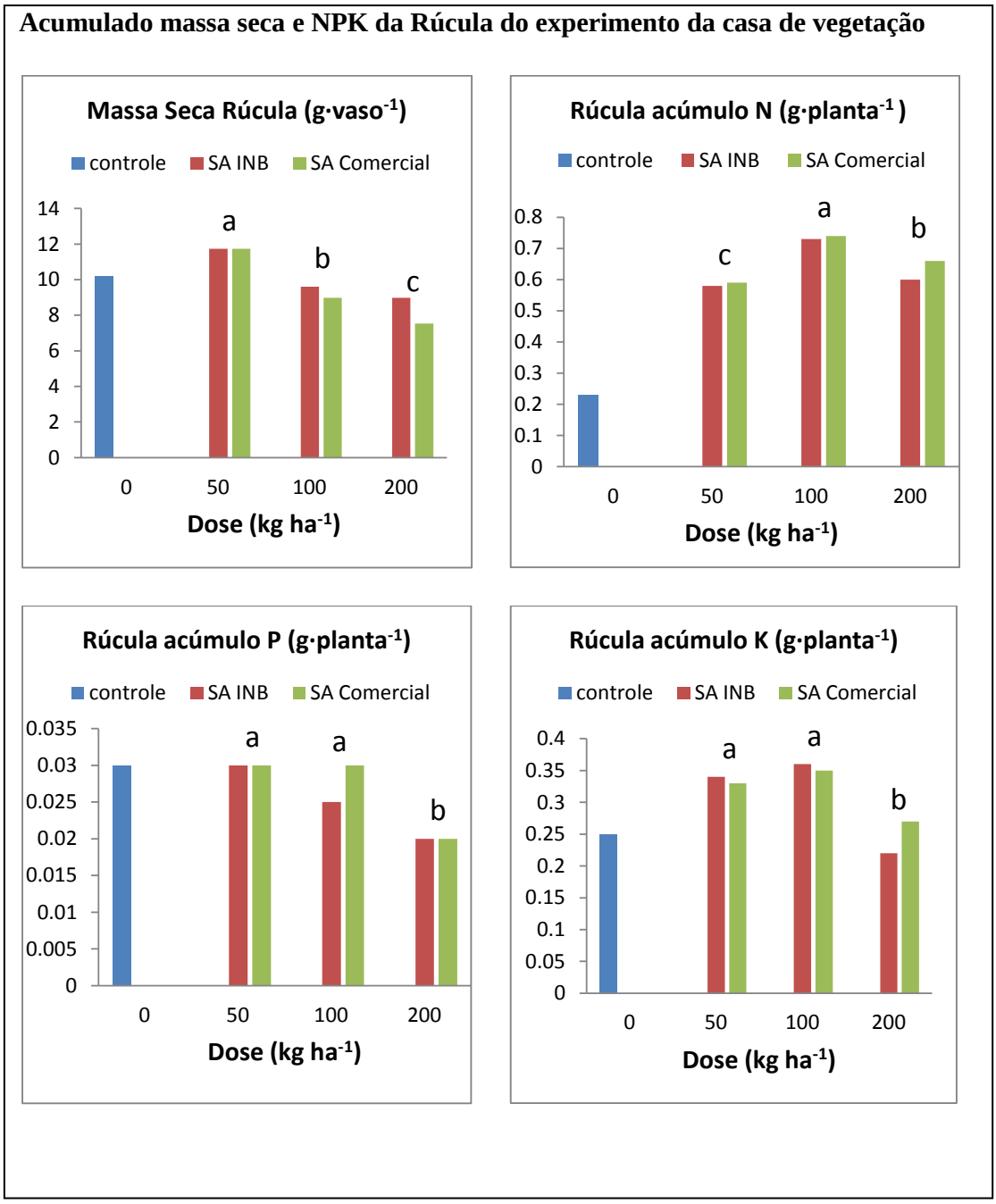


Figura 28 - Acúmulo de massa seca (g·vaso^{-1}) e NPK (g·planta^{-1}) em rúcula do experimento da casa de vegetação.

5.2.2.9- RESULTADOS DA MASSA FRESCA DO RABANETE PARTE AÉREA (g/vaso) –

A figura 29 apresenta a relação massa fresca das partes aéreas das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa fresca das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de matéria fresca das partes aéreas iguais estatisticamente.

Tabela 26 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para massa fresca na parte aérea do rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	75,37
2	SAI	78,17
3	Controle	56,72

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa fresca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 29 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} e 100 kg ha^{-1} apresentaram os melhores resultados.

Tabela 27 – Resultado do teste de Tukey de massa fresca na parte aérea do rabanete.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	79,44 a
a	100	79,34 a
b	200	71,54 b

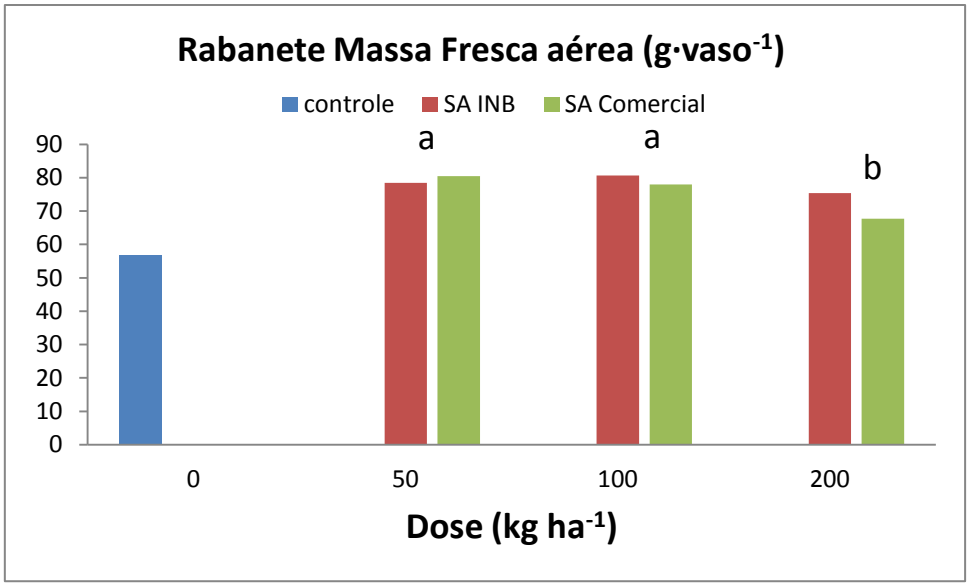


Figura 29- Massa fresca (g·vaso^{-1}) de plantas de rabanete parte aérea submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.2.2.10- RESULTADOS DA MASSA FRESCA DO RABANETE RAIZ (g/vaso)

A figura 30 apresenta a relação massa fresca das raízes das plantas de rabanete, com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes. Vale ressaltar que em relação à massa fresca das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de matéria fresca das raízes iguais estatisticamente. Importante frisar a maior importância comercial das raízes da cultura em comparação à parte aérea.

Tabela 28 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para massa fresca na raiz do rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	95,75
2	SAI	95,83
3	Controle	71,75

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa fresca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 30 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 29 – Resultado do teste de Tukey de massa fresca na raiz do rabanete.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	117,72 a
b	100	96,37 b
c	200	73,27 c

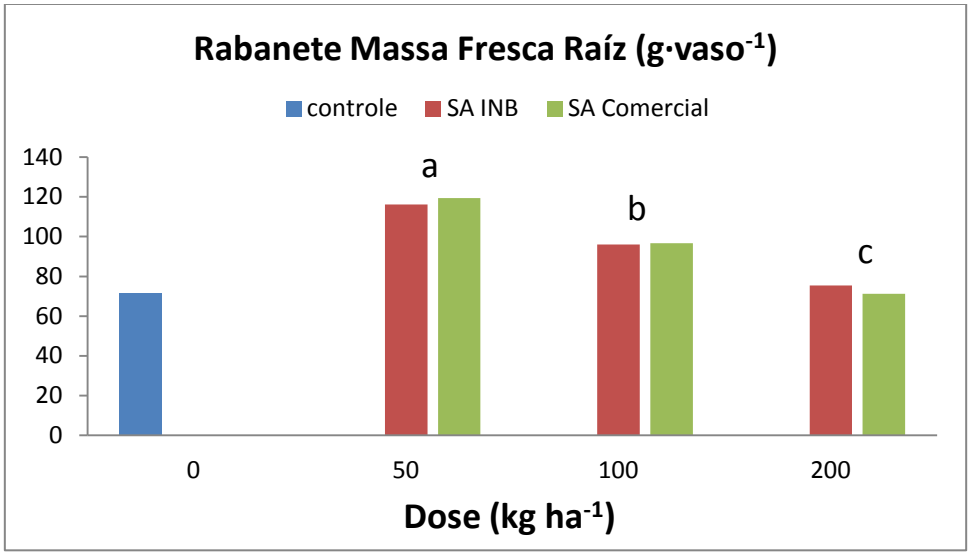


Figura 30 - Massa fresca (g·vaso^{-1}) de plantas de rabanete parte da raíz submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.2.2.11- RESULTADO DA MASSA SECA DO RABANETE RAÍZ (g/vaso)

A figura 31 apresenta a relação massa seca das raízes das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca das raízes em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de matéria seca das raízes iguais estatisticamente.

Tabela 30 – Resultado dos tratamentos (SAI E SAC) para massa seca na raiz do rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	6,65
2	SAI	5,99
3	Controle	7,60

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 31que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 31 – Resultado do teste de Tukey de massa seca na raiz do rabanete.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	7,75 a
b	100	5,80 b
c	200	5,42 c

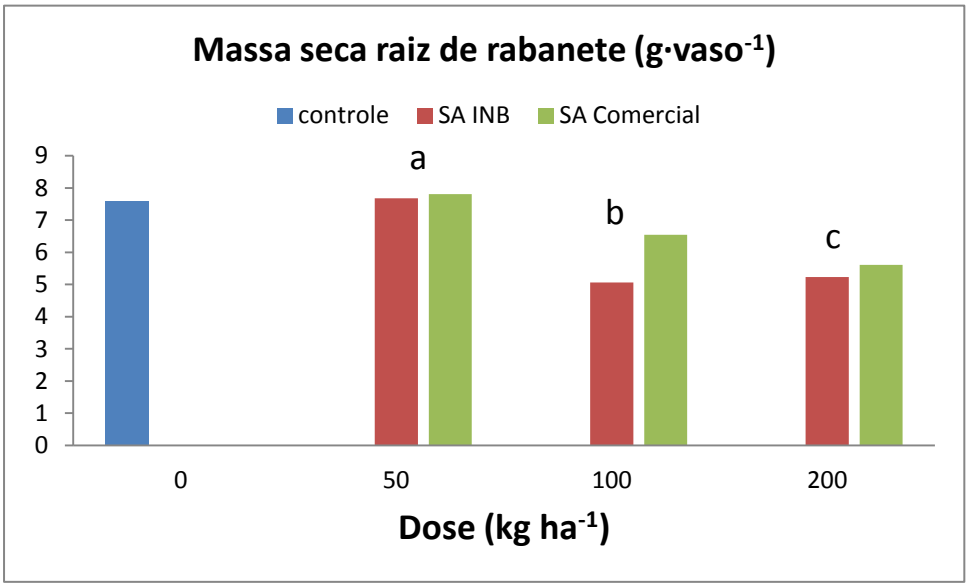


Figura 31 – **Massa seca (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rabanete parte da raíz submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

5.2.2.12- RESULTADO DA MASSA SECA DO RABANETE PARTE AÉREA (g/vaso)

A figura 32 apresenta a relação massa seca das partes aérea das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca das partes aérea em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de matéria seca das partes aérea iguais estatisticamente.

Tabela 32 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para massa seca parte aérea do rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	7,11
2	SAI	7,87
3	Controle	6,97

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 32 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 33 – Resultado do teste de Tukey de massa seca na parte aérea do rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	8,19 a
ab	100	7,37 ab
b	200	6,90 b

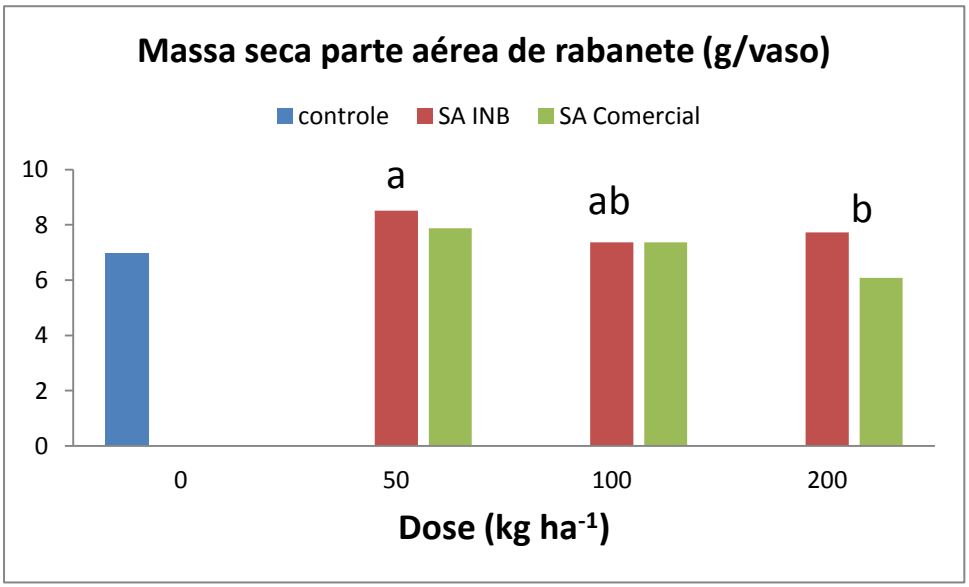


Figura 32 – **Massa seca (g·$vaso^{-1}$) de plantas de rabanete parte aéreas submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

5.2.2.13- RESULTADO DA MASSA SECA DO RABANETE ACUMULADO (g/vaso).

A figura 33 apresenta a relação massa seca das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante, onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de matéria secas iguais estatisticamente.

Tabela 34 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para massa seca acumulado no rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	13,76
2	SAI	13,85
3	Controle	14,57

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 33 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 35 – Resultado do teste de Tukey acumulado da massa seca no rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	15,94 a
b	100	13,17 b
c	200	12,32 c

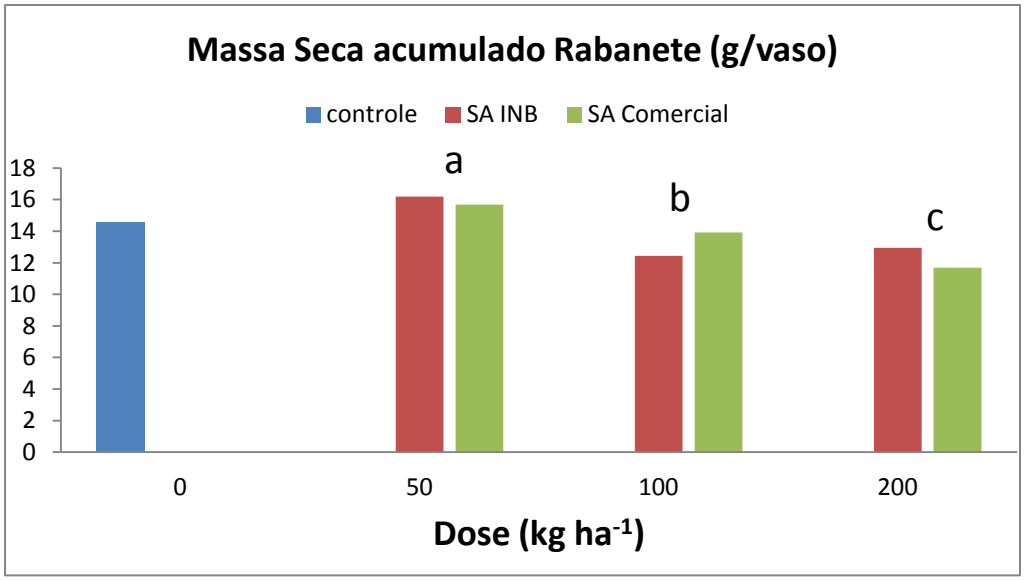


Figura 33 – – **Massa seca acumulado (g·vaso^{-1}) de plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio**)

5.2.2.14- RESULTADO DE TEORES DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA RAIZ DO RABANETE (g/kg) –

Considerando o valor econômico e nutritivo da raiz do rabanete em relação à parte aérea ser mais vantajoso, está sendo demonstrados somente os resultados dos nutrientes NPK concentrados nas raízes das plantas, no entanto os resultados dos nutrientes NPK da parte aérea se encontram no anexo 05 da ANOVA do Rabanete.

A figura 34 apresenta a relação do nutriente, nitrogênio, nas raízes das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas raízes das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nas raízes das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 36 – Resultados dos tratamentos (SAI e SAC) para teores de nitrogênio na raiz do rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	61,75
2	SAI	64,39
3	Controle	23,90

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não

existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 34 que o plantio com a dose 200 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 37 – Resultado do teste de Tukey para nitrogênio na raiz do rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	200	75,21 a
b	100	65,91 b
c	50	48,08 c

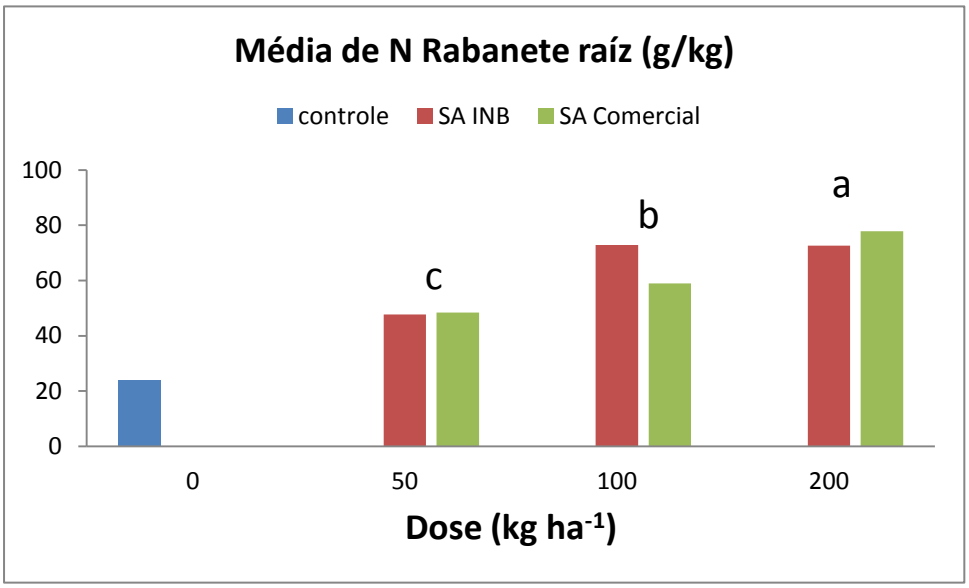


Figura 34 – Teores (g kg^{-1}) de nitrogênio em raíz de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.15- RESULTADOS DE TEORES DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NA RAÍZ DO RABANETE

A figura 35 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nas raízes das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas raízes em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo nas raízes das plantas do rabanete iguais estatisticamente.

Tabela 38 – Resultados dos tratamentos (SAI e SAC) para teores de fósforo na raiz do rabanete.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	2,96
2	SAI	2,65
3	Controle	2,94

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que SAC influenciou positivamente na cultura em termos de nutriente fósforo e o SAI não influenciou. Em relação à dose, pode-se observar na figura 35 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 39 – Resultado do teste de Tukey para fósforo na raiz do rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	2,85 a
ab	50	2,81 ab
b	200	2,75 b

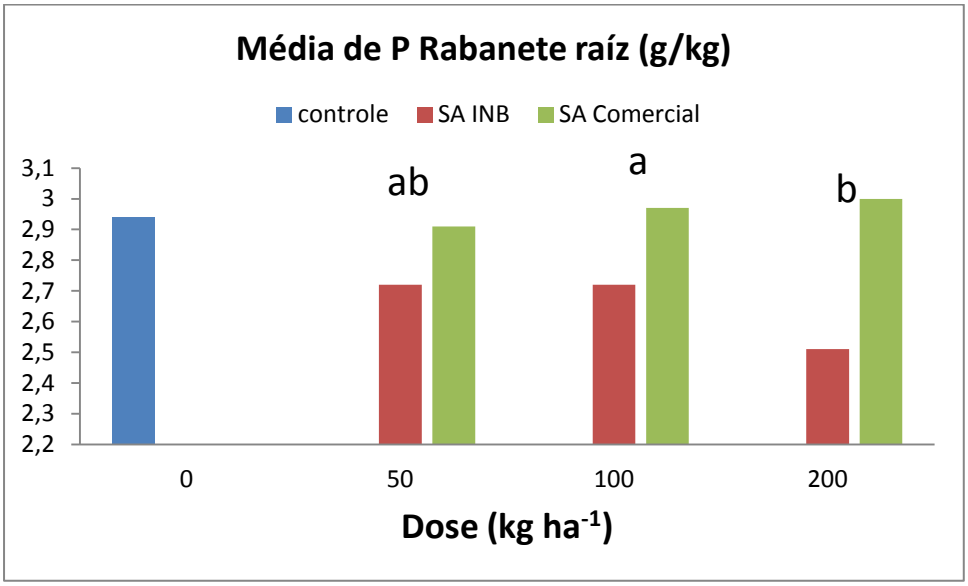


Figura 35 – Teores (g· kg^{-1}) de fósforo em raíz de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.16- RESULTADO DE TEORES DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) NA RAÍZ DO RABANETE

A figura 36 apresenta a relação do nutriente, potássio, nas raízes das plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas raízes das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nas raízes das plantas de rabanete iguais estatisticamente.

Tabela 40 – Resultados dos tratamentos (SAI e SAC) para teores de potássio na raiz do rabanete

	Tratamentos	Médias
1	SAC	26,86
2	SAI	31,68
3	Controle	30,73

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que o SAI influenciou positivamente na cultura em termos de nutriente potássio e o SAC não influenciou. Em relação à dose, pode-se observar na figura 36 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 41 – Resultado do teste de Tukey para potássio na raiz do rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	31,29 a
ab	200	28,31 ab
b	50	28,21 b

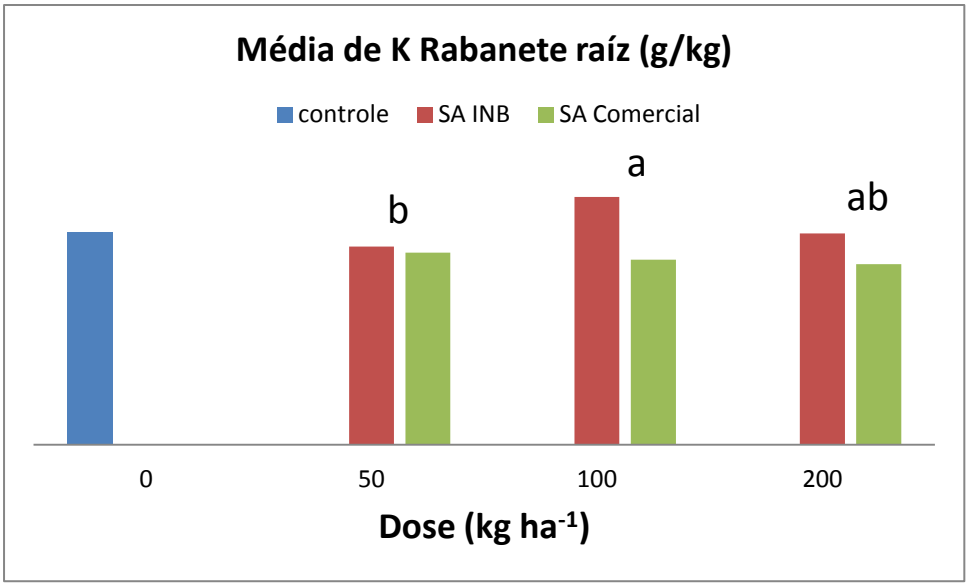


Figura 36 – Teores (g kg^{-1}) de potássio em raíz de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.17- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO (MÉDIA) NA RAIZ E PARTE AÉREA DO RABANETE

A figura 37 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, nitrogênio, nas plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nas plantas iguais estatisticamente.

Tabela 42 – Resultados dos tratamentos (SAI e SAC) para acúmulo de nitrogênio no rabanete

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,91
2	SAI	0,95
3	Controle	0,34

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se

observar na figura 37 que o plantio com as doses 100 kg ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} apresentaram os melhores resultados.

Tabela 43 – Resultados do teste de Tukey para acúmulo de nitrogênio no rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	1,05 a
a	200	0,99 a
b	50	0,81 b

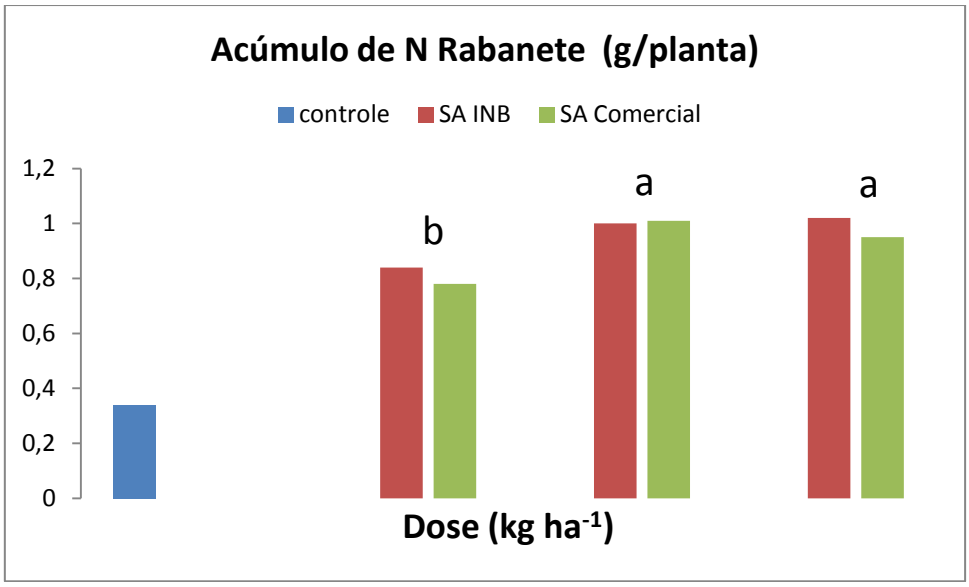


Figura 37- Acúmulo de nitrogênio (g·$planta^{-1}$) nas plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.18- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO (MÉDIA) NO RABANETE

A figura 38 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, fósforo, nas plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo nas plantas do rabanete iguais estatisticamente.

Tabela 44 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para acúmulo de fósforo no rabanete

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,041
2	SAI	0,040
3	Controle	0,040

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existem diferenças entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nutriente fósforo. Em relação à dose, pode-se observar na figura 38 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 45 – Resultados do teste de Tukey para acúmulo de fósforo no rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	0,05 a
b	100	0,04 b
b	200	0,04 b

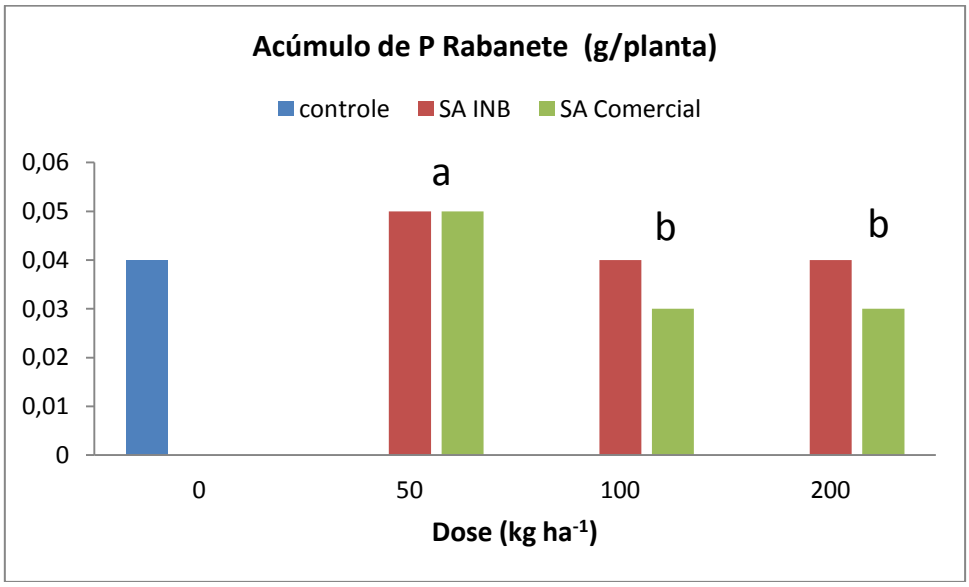


Figura 38- Acúmulo de fósforo (g·$planta^{-1}$) nas plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

5.2.2.19- RESULTADOS DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO (MÉDIA) DO RABANETE

A figura 39 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, potássio, nas plantas de rabanete com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença

entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nas plantas de rabanete iguais estatisticamente.

Tabela 46 – Resultado dos tratamentos (SAI e SAC) para acúmulo de potássio no rabanete

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,35
2	SAI	0,39
3	Controle	0,43

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de nutriente potássio. Em relação à dose, pode-se observar na figura 39 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 47 – Resultado do teste de Tukey para acúmulo de potássio no rabanete

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	0,42 a
b	100	0,35 b
c	200	0,34 c

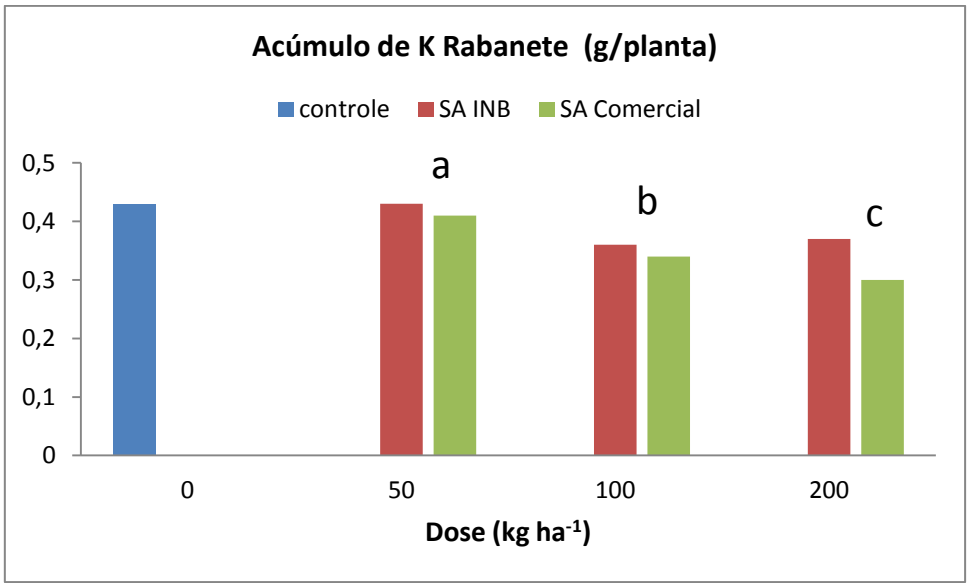


Figura 39- Acúmulo de potássio (g·$planta^{-1}$) nas plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes de doses de nitrogênio.

- **Síntese do acumulado de massa seca e NPK para as plantas de rabanete:**

Na figura 40 verificamos o acumulado de massa seca e NPK para as plantas de rabanete do experimento da casa de vegetação, onde podemos dizer que não há diferença no padrão entre os fertilizantes, SAC e SAI. Observa-se a tendência de um padrão inversamente proporcional entre a concentração dos fertilizantes e produção de massa seca e de nutrientes (NPK), assim, a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta $^{-1}$. Pode-se observar que ambos os fertilizantes produziram massa seca e nutrientes de NPK positivamente para cultura de Rúcula.

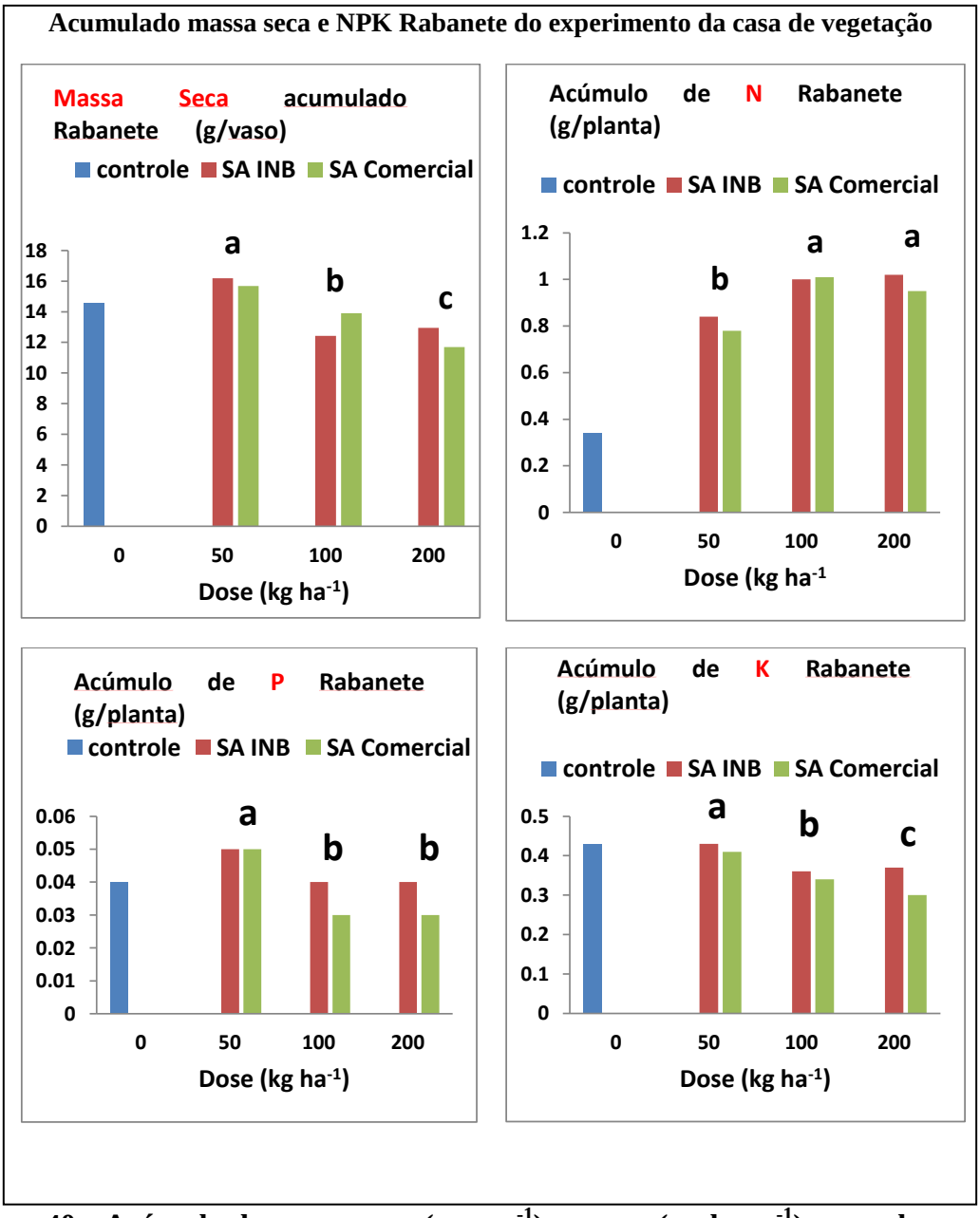


Figura 40 - Acúmulo de massa seca (g·vaso^{-1}) e NPK (g·planta^{-1}) em rabanete do experimento da casa de vegetação.

5.2.3- RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO DO EXPERIMENTO DA CASA DE VEGETAÇÃO NO LSP

Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2,00 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), para verificação da fertilidade do solo, segundo Embrapa (2017), determinando-se os teores de Ca, Mg, Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L^{-1}, analisados por titulometria; P, K e Na extraídos pelo método Mehlich-1 e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; H+Al avaliados através de solução de acetato de cálcio 0,025 mol L^{-1} e pH em água na relação 1:2,5 (solo:água) (Tabela 48).

Tabela 48 – Resultado das análises químicas do solo do experimento da casa de vegetação:

Resultados de análises químicas - Rotina de FERTILIDADE DO SOLO														
Identificação	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	n	pH	P	K
do usuário	Cmolc / dm^{-3}								%			01:02,5	mg/L	
Controle RAb	0,003	1,32	0,78	0,05	2,51	0,05	2,15	4,66	46	2,3	0	5,19	54,21	18,97
SAU 50 RAB	0,001	1,32	0,87	0,01	3,19	0,13	2,21	5,4	41	5,5	0	4,57	47,22	5,2
SAU 100 RAB	0,001	1,38	0,94	0,02	3,06	0,16	2,35	5,41	43	6,5	0	4,47	48,8	8,3
SAU 200 RAB	0,002	1,2	0,8	0,04	2,91	0,21	2,04	4,95	41	9,2	0	4,62	47,67	16,21
SA 50 RAB	0,001	1,17	1	0,01	2,98	0,14	2,18	5,16	42	6,1	0	4,57	52,18	5,2
SA 100 RAB	0,001	1,06	1,03	0,02	3,19	0,19	2,12	5,31	40	8,4	0	4,41	48,12	7,26
SA 200 RAB	0,001	1,15	1	0,04	2,9	0,14	2,19	5,09	43	6	0	4,62	38,19	13,8
Controle RUC	0,002	1,11	0,9	0,05	2,4	0,05	2,07	4,47	46	2,3	0	4,97	61,65	20,69
SAU 50 RUC	0,003	1,25	1,01	0,04	2,89	0,14	2,3	5,19	44	5,6	0	4,72	66,17	17,25
SAU 100 RUC	0,003	1,26	1,02	0,07	2,94	0,16	2,35	5,3	44	6,5	0	4,6	70,9	25,51
SAU 200 RUC	0,002	1,07	0,73	0,09	2,98	0,14	1,89	4,87	39	7	0	4,88	61,65	34,46
SA 50 RUC	0,003	1,11	0,86	0,06	2,87	0,14	2,03	4,9	41	6,5	0	4,64	54,89	22,41
SA 100 RUC	0,003	1,29	0,89	0,05	2,9	0,11	2,23	5,13	43	4,8	0	4,62	72,26	20,69
SA 200 RUC	0,002	1,06	0,93	0,06	3,13	0,12	2,05	5,18	40	5,4	0	4,65	59,17	22,07

Rab – rabanete e RUC – rúcula. Onde se lê SAU, favor ler SAI. Onde se lê SA, favor ler SAI Fonte: autor, 2019.

Foram retiradas também amostras do solo natural e do solo adubado dos vasos que foram tratados com o sulfato de amônio da INB (SAI) e enviados para análises no LAASC, para verificar a presença de radionuclídeos na amostra.

5.2.4- RESULTADOS DAS ANÁLISES RADIOLÓGICAS DO EXPERIMENTO DA CASA DE VEGETAÇÃO NO LAASC

No dia 14 de maio de 2021 foi realizada, no LAASC, a preparação das amostras de raiz do rabanete, parte aérea do rabanete, parte aérea da rúcula e solo arenoso adubado apenas com fertilizante SAI e do solo arenoso natural. Essas amostras ficaram seladas hermeticamente por período não inferior a 35 dias visando que os radionuclídeos de interesse entrem em equilíbrio secular (figura 41).

Figura 41– Amostras preparadas para atingirem ao equilíbrio secular no LAASC para análises - Fonte: Autor, 2021.

Os resultados para solo arenoso natural (sem adubação) na forma de espectrograma pode ser visualizado na Figura 42. Podendo observar que o Ra-226 está presente na amostra e o U-235 com valores iguais a 4,51 x 10^{-3} Bq/g está abaixo do AMD, não podendo ser identificado na amostra. Baixo valor de K-40 em 1460 keV, bastante concentração de Ra-226 ao longo do espectro, quanto ao U-235 em 185,7 keV desprezível visualmente.

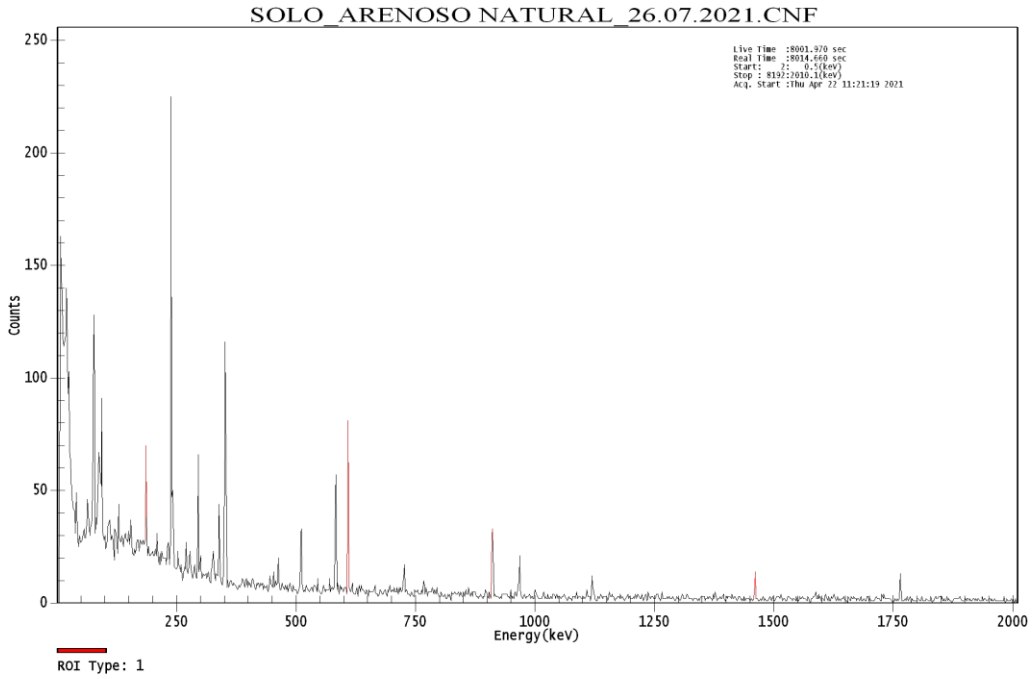


Figura 42 - Espectrograma do solo arenoso natural – Fonte: autor, 2021.

Na figura 43, no solo arenoso adubado encontraram-se concentrações de Ra-226 e U-235 com valores > 0,07 Bq/g abaixo do AMD. Destaca-se picos de Pb-212 em 238,6 keV, K-40 (pico em 1460 keV), Ra-226 com concentração identificável no espectro, quanto ao U-235 em 185,7 keV, mesmo mensurável é desprezível numericamente.

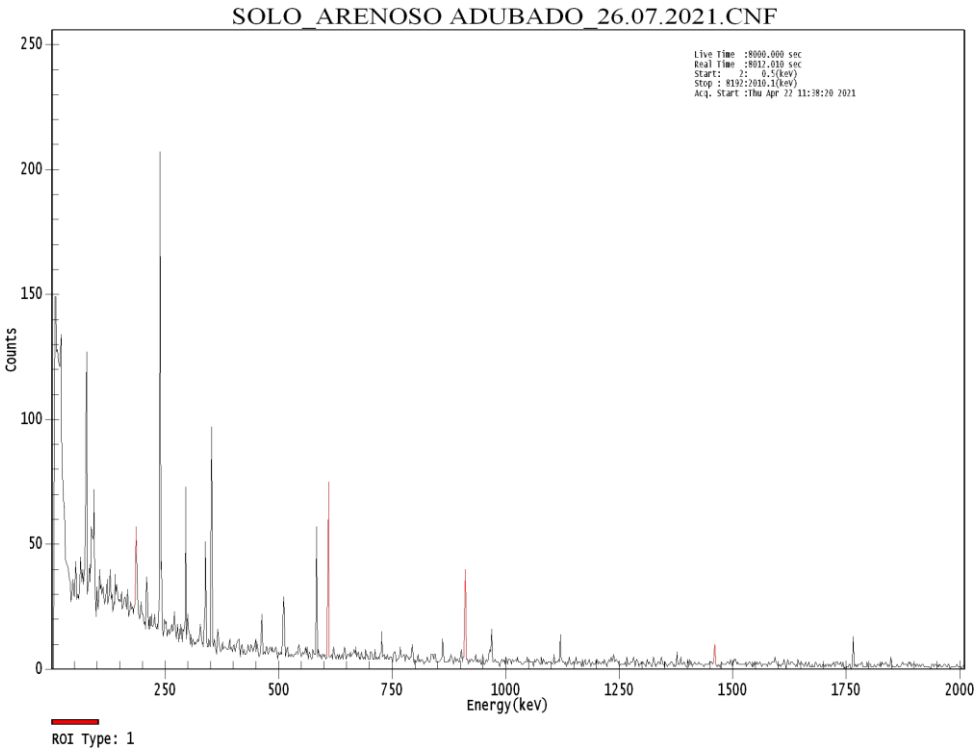


Figura 43 - Espectrograma do solo arenoso adubado, Fonte: autor, 2021:

Na figura 44, quanto ao resultado da raiz de rabanete foi identificado um pico na energia do K-40 (1460 keV) apontando a presença deste radionuclídeo, não sendo identificado mais nenhum radionuclídeo. Quanto ao U-235 em 185,7 keV desprezível visualmente, ficou abaixo do limite de detecção.

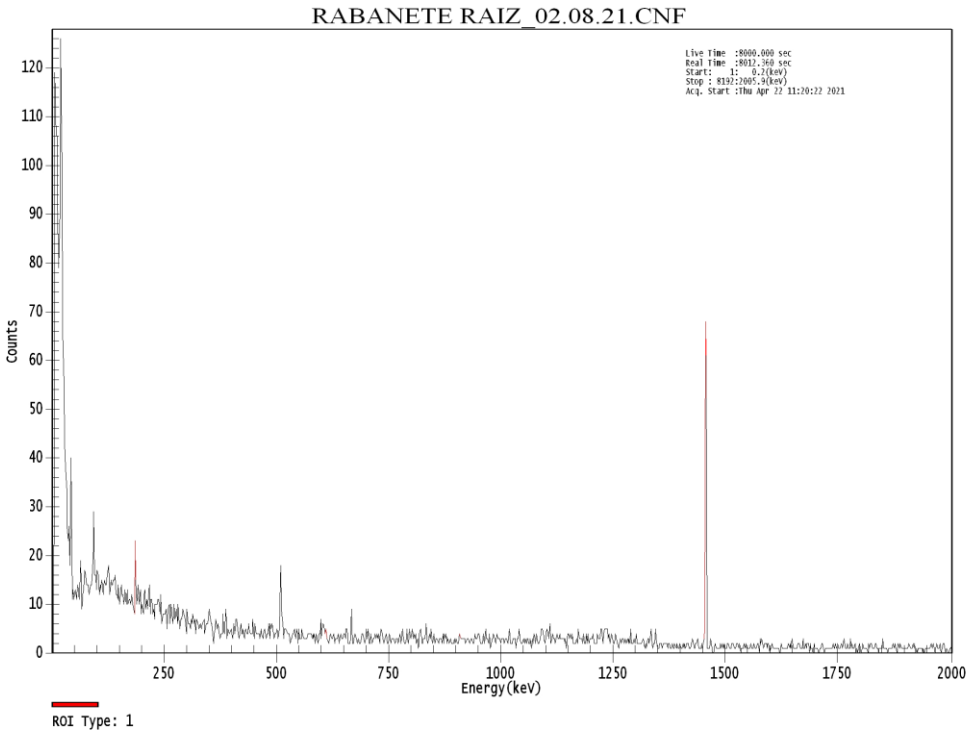


Figura 44 - Espectrograma da raiz do Rabanete – Fonte, autor, 2021.

Na figura 45, o padrão apresentado pela raiz de rabanete se reproduz na parte aérea, sendo o K-40 o único radionuclídeo presente por ser folha (folhas são ricas em potássio) e quanto ao U-235 em 185,7 keV desprezível visualmente, abaixo do limite de detecção.

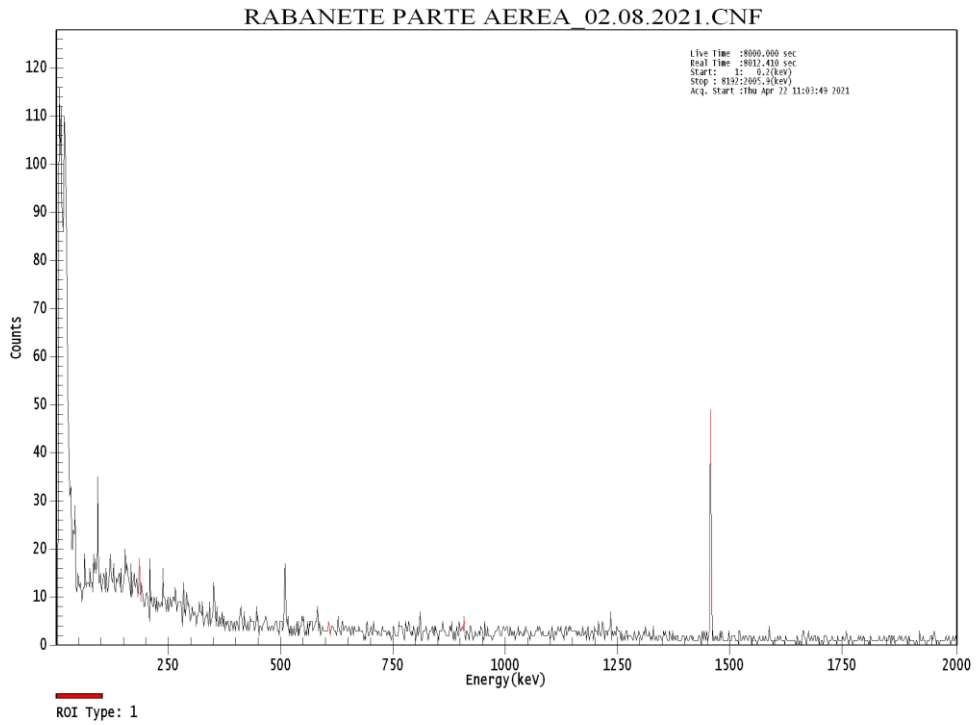


Figura 45 - Espectrograma da parte aérea do Rabanete – Fonte: Autor, 2021.

Na figura 46, novamente o padrão apresentado pelas partes aéreas do Rabanete amostrado se reproduziu nas partes aéreas da Rúcula, destaca-se, K-40 em 1460 keV (por ser folha, tem bastante potássio), que apresentou como único radionuclídeo identificável, não apresentou indícios de U-235 em 185,7 keV, desprezível visualmente.

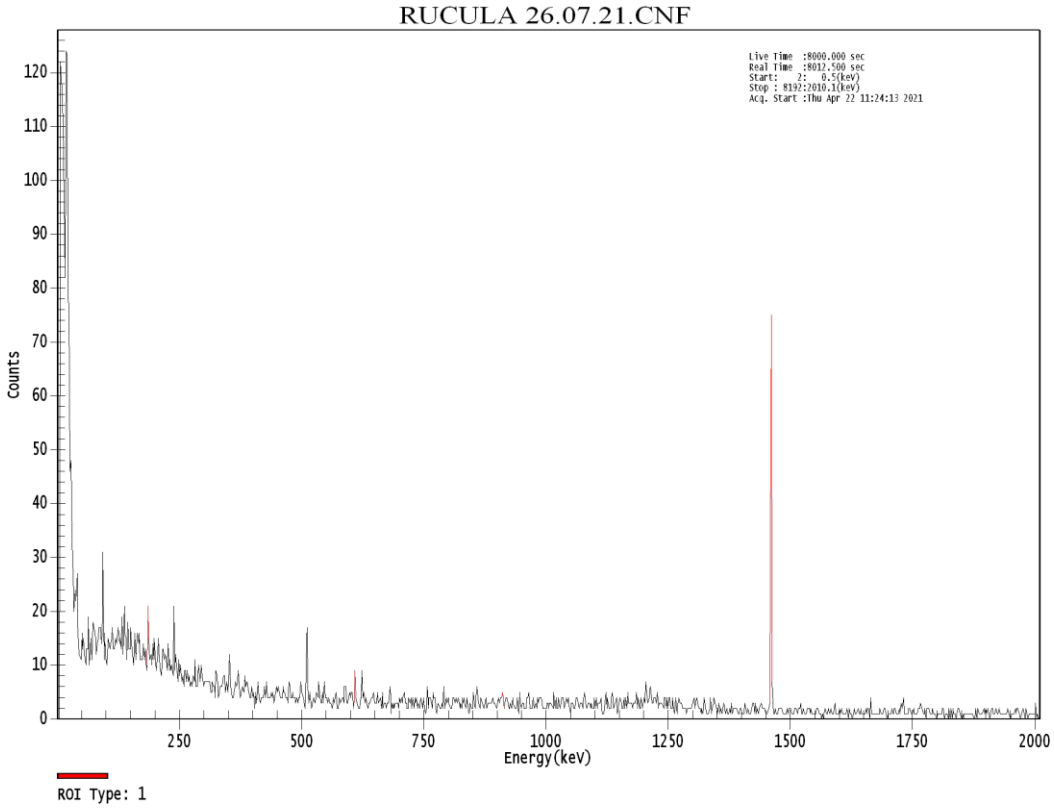


Figura 46- Espectograma da parte aérea da Rúcula – Fonte: Autor, 2021:

5.2.4.1- CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE NO SOLO E NAS ESPÉCIES DA CASA DE VEGETAÇÃO:

Segundo S.HARB et al (2008), partindo do pressuposto de que o equilíbrio secular foi alcançado entre os elementos pais, ^{232}Th e ^{238}U, e seus produtos de decaimento, as transições de raios γ para medir a concentração do nuclídeos na série são os seguintes (EML, 1990):

Para Ra-226 (186,2: 609,31: 1120,3 e 1764,49 keV) e para o U-235 (185,7 keV). A concentração de atividade de ^{235}U foi calculada a partir da equação 3 . ^{235}U e ^{226}Ra emitem raios gama de energia 185,7 keV (57,2%) e 186,2 keV (3,6%), respectivamente.

$$^{235}U = \frac{\left(\frac{\left(\frac{C\,R_{187}}{\varepsilon_{Peak}}\right)}{M} - \left[^{226}Ra\right] I_y\,^{226}Ra\right)}{I_v\,^{235}U} \qquad 3$$

Conforme o item **3.5.3** da metodologia foi aplicado o modelo de cálculo para solo arenoso natural da casa de vegetação, como descrito abaixo:

O tempo de contagem para todas as amostras usadas para as análises da casa de vegetação foi de 8.000 segundos de tempo vivo e a área do BG 66,7.

- **Cálculo da concentração da atividade no solo arenoso natural da casa de vegetação**

$$^{235}U = \frac{\left(\frac{\left(\frac{C\,R_{187}}{\varepsilon_{Peak}}\right)}{M} - \left[^{226}Ra\right] I_y\,^{226}Ra\right)}{I_y\,^{235}U}$$

$$C\,R_{187} = \frac{N - Bg}{t}$$

N = 327 ; BG = 66,7 ; t = 8000 s

$$C\,R_{187} = \frac{327 - 66{,}7}{8000} = 0{,}0325375$$

I γ ^{226}Ra = 0,0364

I γ ^{235}U = 0,57

ε_{peak} = 0,04567

^{226}Ra = 37,96 Bq

^{235}U = ?

$$^{235}U = \frac{\left(\frac{\left(\frac{0{,}0325375}{0{,}04567}\right)}{0{,}18012} - [37{,}96]\ \text{x}\ 0{,}0364\right)}{0{,}57}$$

^{235}U = 4,51 Bq/kg

^{235}U = 0,00451 Bq/g Solo arenoso

Os demais cálculos de concentração de atividade das tabelas 49 (solo arenoso adubado) e 50 espécies (Rúcula e Rabanete parte aérea e raiz), foram determinados conforme o método usado no cálculo da concentração de atividade do solo arenoso natural da casa de vegetação. No (Anexo 06) tem-se todos os resultados das análises radiológicas do experimento da casa de vegetação realizadas no LAASC.

Tabela 49 - Cálculo de concentração de atividade dos solos do experimento da casa de vegetação e valores de isenção da norma CNEN.

Energia em 185,7 keV:^{235}U	**CR_{187}** $\frac{N-Bg}{t}$	**I γ ^{226}Ra**	**I γ ^{235}U**	**ε pico**	**^{226}Ra (Bq)**	**Massa (kg)**	**CA (Bq/g)**	**Incer.**	**Nível de Isenção**	
									10000 (Bq)	10 (Bq/g)
Solo *	0,033	0,036	0,57	0,0456	37,96	0,1801	0,0045	0,00097	10000	10
Solo **	0,025	0,036	0,57	0,0456	32,14	0,1861	0,0032	0,00090	10000	10

* arenoso natural e **arenoso adubado

Fonte: Autor, 2021.

Conclui-se, que nas análises de espectrometria gama (anexo 06) realizada no LAASC, os valores de radiação gama dos solos arenoso e adubado da casa de vegetação, são baixíssimos, praticamente desprezíveis para U-235;

Tabela 50 - Cálculo de concentração de atividade das amostras das espécies do experimento da casa de vegetação e valores de isenção da norma CNEN.

Ener*	**CR_{187}** $\frac{N-Bg}{t}$	**I γ ^{226}Ra**	**I γ ^{235}U**	**ε pico**	**^{226}Ra (Bq)**	**Massa (kg)**	**CA. (Bq/g)**	**Incer.**	**N I$^{@}$**	
									10000 (Bq)	10 (Bq/g)
Rúcula	-0,0011	0,036	0,57	0,0651	8,69	0,03875	**<AMD$^{\#}$**	**0,0017**	10000	10
Rabanete aérea	- 0,0074	0,036	0,57	0,0649	- 1,98	0,04234	**<AMD$^{\#}$**	**0,0017**	10000	10
Rabanete raiz	-0,00084	0,036	0,57	0,0965	- 3,05	0,04785	**<AMD$^{\#}$**	**0,0009**	10000	10

*** Energia em 185,7 keV – U-235 Amostras; $^{@}$ NI = Nível de isenção e $^{\#}$ AMD = abaixo mínimo detectável.**

Fonte: Autor, 2021.

Conclui-se, que nas análises de espectrometria gama (anexo 06) realizada no LAASC, os valores de radiação gama da rúcula, do rabanete parte aérea e da raiz do experimento da casa de vegetação, não foi identificado indícios de U-235 pelo equipamento, ou seja, menor que a atividade mínima detectável (AMD), pelo equipamento.

5.3. EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO COM ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÃNTICA (AROEIRA VERMELHA E PAINEIRA ROSA) NO SITE DA INB

Num primeiro momento foi preciso encontrar uma área afastada da unidade fabril que fosse possível executar o experimento sem interferência do processo produtivo das fábricas. A localização do experimento, coordenadas -22.5095083829216, -44.638523753124765, fica no site da INB, onde o trabalho foi conduzido (Figura 47).

Figura 47 – Localização do experimento no campo (site INB) –

Fonte: Autor, 2021.

Em 20 de agosto de 2019 foi feita a abertura numa área no local do experimento,

com aproximadamente 500 m² (Anexo7). Área com espaço suficiente para implementação do experimento, que estava estimado em 378 m², conforme desenho experimental (anexo 8), que consiste num delineamento experimental estatístico blocos casualizados completo (DBC). Neste espaço, foram plantadas duas espécies de árvores, Aroeira Vermelha e a Paineira Rosa, florestal nativa, dentre muitas outras espécies disponíveis do Bioma Mata Atlântica, como objeto de pesquisa. Elas foram escolhidas, principalmente, por possuírem raízes de excelente absorção dos nutrientes e de crescimento rápido.

O delineamento experimental utilizado foi (DBC) blocos ao acaso com dois tratamentos e três repetições, totalizando 6 unidades experimentais. Onde os tratamentos consistiram em duas fontes (SAC e SAI) e quatro doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 200), com três repetições por tratamento, totalizando 42 unidades experimentais. A área total do experimento foi de 378 m², sendo que a área da parcela possui 3m de comprimento por 3m de largura e 42 semeaduras (covas).

A recomendação de adubação por área foi de 100 kg de N/ha em duas vezes, 60 kg de P_2O_5/ha, 60 kg de K_2O/ha, considerando 1100 plantas por ha.

A recomendação por cova foi de 90 g de N aplicado em duas vezes: plantio mais cobertura 60 DAP, 50 g de P_2O_5 e 50 g de K_2O.

A recomendação de fertilização por cova (valores aproximados) foi de 450 g de N aplicado em duas vezes: plantio mais cobertura 60 DAP, 110 g de super triplo e 85 g de KCl.

5.3.1. COLETA E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DO SOLO DO CAMPO DO SITE DA INB.

Foi realizado nos dias 15 e 16 de outubro de 2019, amostragem do solo no site da INB na área do projeto de pesquisa. Após a retirada da vegetação da área do experimento, foram realizadas três amostragens em 10 furos na profundidade de 20 cm e 40 cm, para cada amostra, universo de 03, totalizando 30 furos em toda área do experimento. Em zing-zague, realizadas a amostragem em duas etapas da seguinte forma:

Com o auxílio de um trado manual, coletada a amostra 01, no ponto item 1, da Tabela 51, dentro dos primeiros 20 cm de profundidade e em seguida, o trado foi

aprofundado até aos 40 cm e, então, coletada uma nova amostra e colocada em sacos plásticos separados (figura 48). Este procedimento foi repetido para a amostra 02, no ponto item 2, da Tabela 51 e na amostra 03, no ponto item 3, da Tabela 51, respectivamente.

Figura 48 – Amostras do solo do local do experimento no campo INB

Fonte: Autor 2019.

As amostras foram enviadas para análises laboratoriais na UFRRJ e deu entrada em 08 de novembro de 2019 no Laboratório de Solos LSP. Os resultados das análises foram finalizados em 15 de janeiro de 2020, (Tabela 51). Outra parte das amostras do solo foi enviada para análises radiológicas no LAASC.

O resultado das análises químicas do solo evidenciou que o solo do experimento no campo se apresentava com alto teor de alumínio (Al), entre outros. Essa característica do alumínio é nociva para a planta. Neste contexto, foi necessária a realização de calagem para melhorar as características do solo, deixando-o de acordo para o recebimento das mudas do experimento**.**

Tabela 51 – Resultado da análise química do solo experimento do campo INB

Amostra:													R$				
Resultados de análises químicas - Rotina de FERTILIDADE DO SOLO																	
dentificaçã	Profund.	Nº	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	n	$pH_{água}$	Corg	P	K
do usuário	(cm)	Labfer	---------- $Cmol_c$ / dm^3 ----------								---------- % ----------			1:2,5	%	------- mg/L ------	
1	0-20	1054	0,015	0,5	0,2	0,09	4,7	1,9	0,80	5,49	15	70	0,3	4,6	0,58	19	33
1	20-40	1055	0,012	0,5	0,1	0,03	3,2	1,7	0,64	3,82	17	73	0,3	4,6	0,25	18	10
2	0-20	1056	0,015	0,5	0,3	0,09	4,7	1,9	0,90	5,59	16	68	0,3	4,5	0,66	19	33
2	20-40	1057	0,012	0,3	0,3	0,03	4,1	2,5	0,64	4,77	13	80	0,2	4,5	0,22	18	12
3	0-20	1058	0,015	0,7	0,3	0,08	4,9	2,3	1,10	5,97	18	67	0,2	4,4	0,61	18	32
3	20-40	1059	0,012	0,4	0,2	0,02	4,1	2,1	0,64	4,76	13	77	0,2	4,5	0,19	18	9
Médias	**0-20**		0,015	0,6	0,3	0,1	4,7	2,0	0,9	5,7	16,3	68,5	0,3	4,5	0,6	18,5	32,7
	20-40		0,012	0,4	0,2	0,0	3,8	2,1	0,6	4,4	14,5	76,3	0,3	4,5	0,2	18,0	10,5
	0-40		**0,013**	**0,5**	**0,2**	**0,1**	**4,3**	**2,1**	**0,8**	**5,1**	**15,4**	**72,4**	**0,3**	**4,5**	**0,4**	**18,3**	**21,6**

Fonte: autor 2020.

5.3.1.1. TRATAMENTO DO SOLO NO CAMPO (CALAGEM)

No período de 30 de janeiro a 02 de fevereiro 2020 nos pontos demarcados da Figura 49 foi realizada calagem do solo, devido ao alto teor de alumínio detectado. Utilizou-se o Método da EMBRAPA para calagem, de acordo com os resultados da análise do solo, sendo indicadas 5 toneladas calcário PRNT 100% ha^{-1} 20 cm^{-1}.

Figura 49 – Covas para calagem do solo nos pontos demarcados e para o plantio

Fonte, Autor 2020.

5.3.2. LIMPEZA, ORGANIZAÇÃO, PREPARAÇÃO DAS COVAS, PLANTIO E MONITORAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO.

No cronograma inicial estava previsto o plantio das espécies em janeiro de 2020, no entanto com o atraso dos resultados das análises e a necessidade de realização de calagem no solo devido ao alto teor de alumínio, reprogramamos o plantio para março de 2020.

Em fevereiro de 2020, surgiu o primeiro caso de COVID 19 no Brasil. Este

primeiro evento, evoluiu para uma PANDEMIA e mudou bruscamente e drasticamente todo o planejamento e cronograma do trabalho em mais ou menos 10 meses do experimento no campo, principalmente. Sendo que o experimento na casa de vegetação não foi muito afetado. O cultivo das hortaliças, a colheita, secagem e preparação das amostras na casa de vegetação climatizada foram realizados ainda no ano de 2020, com exceção de algumas análises químicas, no laboratório de solos LSP, e das análises radiológicas no LAASC que foram realizadas em 2021.

Neste contexto, as aulas foram interrompidas, de forma presencial, em todas as universidades e locais de ensino do Brasil, de uma forma em geral. As empresas adotaram o trabalho em Home Office. Desta forma não foi viável iniciar um projeto de pesquisa em campo, onde não seria possível o acompanhamento de perto. Assim sendo, foi necessário aguardar os acontecimentos e o desenrolar da PANDEMIA e autorização da empresa INB para realização do plantio, e isso só foi possível em 11 de novembro de 2020, da seguinte forma:

- Na semana do dia 03 aos 06 de novembro de 2020 realizado o tratamento do solo com a entrada de insumos, super triplo, cloreto de potássio e SAI e SAC, conforme o desenho experimental (anexo 8).
- Na semana do dia 09 aos 11 de novembro de 2020, separamos as mudas da Aroeira Vermelha e da Paineira Rosa no horto da INB.

As mudas de ambas as espécies variavam a altura entre 0,38 cm a 0,48 cm, sendo que a espécie Paineira Rosa tinha o diâmetro do tronco em torno de 1,0 cm e a espécie Aroeira Vermelha em torno de 0,5 cm, no dia do plantio.

O ensaio iniciou-se em 11 de novembro de 2020 com o plantio na área experimental da empresa INB, na cidade de Resende – RJ. Neste dia, nos pontos demarcados (figura 50) previamente para o experimento, fizemos covas em torno de 40 cm de profundidade e 20 cm de largura, adicionamos os produtos (SAC, Cloreto de Potássio, Super Triplo Simples e SAI) conforme procedimento padrão e realizamos o plantio das mudas conforme apresentado no desenho experimental (anexo 8).

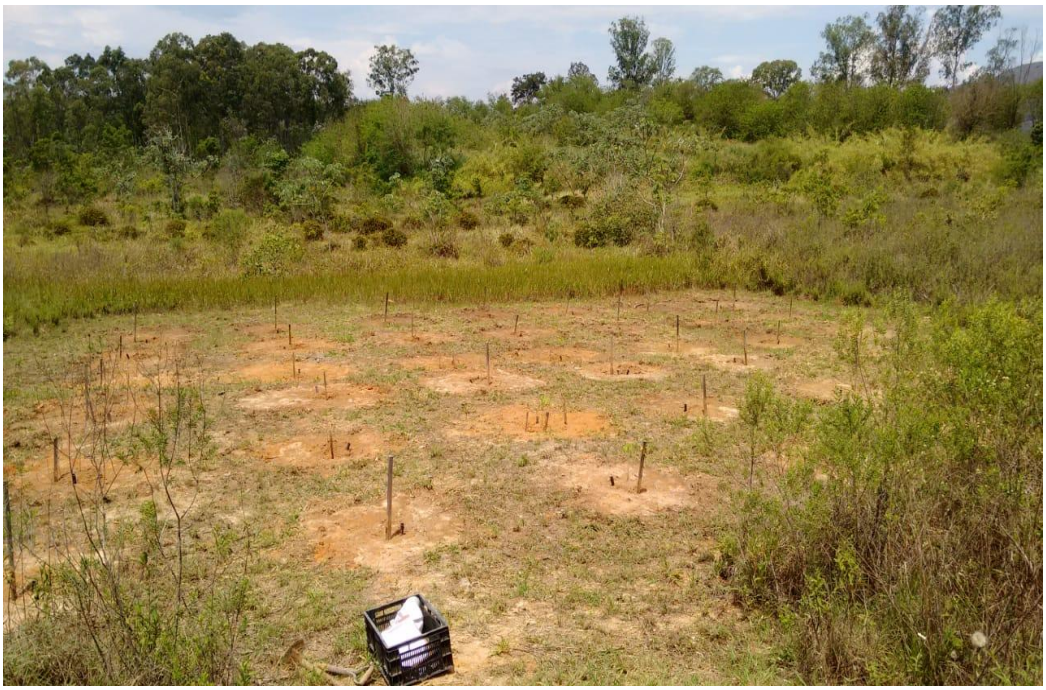


Figura 50 – Estacas demarcando os locais do plantio das mudas

Fonte: Autor, 2020.

Foi necessário espalhar um pouco de formicida em alguns pontos da área no campo, pois havia ocorrência de formigas (formigueiro).

Durante toda a semana do plantio e das semanas seguintes, realizado monitoramento e acompanhamento do crescimento das espécies, onde foi perceptível a sua boa adaptação ao novo habitat. Detectado também o desaparecimento das formigas e formigueiros, não havendo morte e ou sintomas adversos perceptíveis visualmente de nenhuma muda.

O local no campo escolhido para o experimento foi um local aberto onde havia presenças de animais diversos e de todos os tamanhos, inclusive equinos e bovinos. Neste contexto, viu-se à necessidade de proteger o local do experimento. A solução foi construir uma cerca de arame farpado ao redor do experimento nos dias 26 e 27 de novembro de 2020. Nas semanas seguintes foi dado continuidade no processo de acompanhamento e monitoramento das espécies e do local do experimento.

No dia 02 de dezembro de 2020 durante o monitoramento de rotina, a espécie 36P do bloco 03 fila 05, que apesar de ter obtido um crescimento regular, estava com uma péssima aparência, perdeu muitas folhas e estava secando, vindo a morrer,

finalmente, em seguida. Foi a primeira baixa. Acredita-se que tenha sido problema na concepção da própria muda, pois nenhum fator, extra campo, foi apresentado e ou evidenciado, diferentemente que as outras plantas não tenham sofrido também.

No dia 22 de dezembro de 2020 foi realizada a roçada e retirada das ervas daninhas e a medição das plantas (anexo 9), onde a maioria das plantas apresentava-se com uma boa aparência e bom crescimento.

Do plantio em novembro de 2020 até a fertilização de cobertura, agendada para primeira quinzena de fevereiro de 2021, as plantas apresentaram durante todo o tempo de monitoramento um crescimento regular com boa coloração, aparência das folhas, galhos e caule. No dia 07 de fevereiro de 2021 foi realizada a fertilização de cobertura com os produtos (SAC, Cloreto de Potássio, Super Triplo Simples e SAI) conforme desenho experimental (anexo 8).

No dia 11 de fevereiro de 2021, realizada outra medição das espécies (anexo 9), onde podemos observar um crescimento/desenvolvimento substancial de todas as espécies, com uma coloração muito verde e viçosa, muitas folhagens e caules robustos, as plantas 12A e 35P são exemplos disso. Até então, neste momento, somente uma planta havia morrido (36P), provavelmente por um defeito genético na muda.

Surpreendentemente no dia 15 de fevereiro de 2021, em monitoramento de rotina, algumas plantas apresentavam ressecamento (Figura 51) das partes inferiores, caule, galhos e de suas folhas, em especial as espécies Aroeira Vermelha (10A, 11A, 12A, 19A, 21A) onde foi feita fertilização de cobertura com dosagem 200% de 900g de SAC ou de SAI, a única Aroeira Vermelha com dosagem 200% de 900g que visivelmente não apresentou alteração foi a 20A. A planta 16A que foi feita uma dosagem de 100% de 450g, também apresentou sintomas de queda e ressecamento de galhos e folhas inferiores.

Este acontecimento normalmente é previsto quando se aplica uma dosagem alta nas plantas e geralmente está relacionado ao aumento do potencial osmótico do solo e ou a falta de esqueleto de carbono para assimilar o nitrogênio. (C, Bredemeier & CM, Mundstock 2000).

Figura 51– ressecamento e morte de Aroeira e Paineira

Fonte: Autor, 2021.

As plantas da espécie Paineira Rosa também foram afetadas com a dosagem 200% de 900g (40P, 41P, 42P, 31P, 32P, 33P), porém apresentavam uma aparência um pouco melhor que as Aroeiras Vermelhas.

Das plantas, espécie Aroeiras Vermelhas, quase todas morreram (10A, 11A, 19A, 21A de dose 200% de 900g e a 16A de dose 100% de 450g), na semana de 15 a 19 de fevereiro, exceto a planta 12A dose 200 % de 900g, que resistiu até o final do experimento.

Da espécie Paineira Rosa, duas plantas morreram na semana de 20 a 28 de fevereiro (41P e 42P), três plantas na semana de 01 a 05 de abril (31P, 33P e 40P) somente a planta 32P deste mesmo grupo de dose 200% ainda resistindo, porém não tinha mais folhas na data de 14 de abril de 2021, mas o tronco continuava verde, e venho a morrer, finalmente, em 06 de maio de 2021. Todas as plantas que vieram a morrer foram recolhidas e colocadas em sacos para posterior pesagem e análises.

5.3.3. COLETA E SECAGEM DAS ESPÉCIES DO CAMPO

Morreram 11 plantas, 01 logo no início do experimento, a 36P, provavelmente devido à má formação da muda e outras 10, sendo, cinco Aroeiras Vermelhas logo após a fertilização de cobertura em fevereiro e 05 Paineiras Rosa em março e abril, proveniente também devido à superdosagem de 200% durante a fertilização de cobertura em fevereiro. Essas plantas foram colhidas, ensacadas e secas na estufa.

Sobreviveram e foram coletadas 31 plantas (Figura 52), 16 Aroeiras Vermelhas e 15 Paineiras Rosa (folhas e galhos de ambas separadamente). Elas foram medidas (anexo 9) e retiradas nos dias 28 e 29 de maio de 2021. Foram verificadas durante a coleta as particularidades intrínsecas tais como coloração, presença de sementes, aparência de um modo geral. Algumas Aroeiras Vermelhas apresentavam-se com pequenos frutos e estes foram colhidos separados e identificados.

Figura 52 – Plantas colhidas para analises do experimento no campo INB

Fonte: Autor, 2021.

As plantas colhidas, ficaram em torno de 6 meses e 18 dias plantadas no campo. Este tempo foi considerado suficiente para avaliar as hipóteses previstas no

planejamento inicial. Sendo que, como já foi dito, o objetivo principal foi verificar através da espectrometria gama, a possível translocação/adsorção da radiação gama pelas plantas. Logicamente avaliar também o crescimento das espécies, realizar as análises químicas para verificar nitrogênio, fósforo, potássio, entre outras.

Em 31 de maio de 2021, no LSP laboratório de solos da UFRJ foi realizado a separação das plantas em galhos e folhas para as Paineiras Rosa e em galhos, folhas e sementes para as Aroeiras Vermelha. Colocadas em embalagem de papel e levadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada (65 ºC), até estabilização do peso seco (anexo 10).

Em 07 de julho de 2021, finalizado o processo de pesagem e trituração da massa seca das espécies do experimento, separando em galhos e folhas (anexo 11) e realizada as análises (Tabela 52). Foram separadas também algumas Aroeiras Vermelhas que produziram sementes. As amostras foram identificadas e colocadas em embalagens separadas. A fitomassa obtida foi submetida ás análises químicas, quantificando-se os teores de nitrogênio total pelo método de Kjedahl (TEDESCO ET AL., 1995), fósforo a partir de espectrofotometria e potássio por fotometria de chama, determinados a partir de digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995) realizada em dezembro de 2021 (Tabelas 53 e 54).

5.3.4. RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E DA ANOVA DO EXPERIMENTO DO CAMPO

Nesta seção estão apresentados os resultados obtidos nos experimentos realizados no campo. As massas secas produzidas pela aroeira e paineira em função das concentrações de fertilizantes (SAI e SAC) podem ser vistas na tabela 52, Assim como o valor da estatística produzida pelo teste de Tukey e os teores NPK médios (tabela 53) e acumulados (tabela 54) das plantas e seus correspondentes teste de Tukey.

As respostas na Tab. 52 para massa seca folhas e galhos das plantas foram verificadas que, estatísticamente, a concentração de 50 g·planta^{-1} foi que apresentou melhor resultado na produção acumulada de massa seca, na parte aérea, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (aroeira e paineira). O padrão inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·planta^{-1}) e produção de massa seca (g), neste experimento, se manteve constante. Neste contexto, podemos

inferir que existe uma relação inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante adicionada ao solo e a produção de massa seca pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1}.

Tabela 52- Acúmulo (média) de massa seca (folhas e galhos) das plantas Aroeira e Paineira do experimento do campo.

Média Massa Seca Aroeira e Paineira (g/planta)	
Parte Aérea (folhas e galhos) Aroeiras	
Controle	122,11
SAI 50	269,69 a
SAI 100	205,80 b
SAI 200	122,63 c
SAC 50	349,06 a
SAC 100	319,65 b
SAC 200	106,10 c
Parte Aérea (folhas e galhos) Paineiras	
Controle	50,89
SAI 50	109,05 a
SAI 100	94,19 b
SAI 200	0,0 ND
SAC 50	126,85 a
SAC 100	31,15 b
SAC 200	30,45 b

Já os terores médios de (NPK), assim como o resultado do teste de Tukey podem ser vistos na tabela 53. Nesta tabela não foi encontrado um padrão claramente representativo. Ou seja, ora ocorria de maneira diretamente proporcional e ora inversamente proporcional, entre a concentração de fertilizantes e produção de teores de nutrientes, mas em ambas as situações obtiveram uma produtividade positiva em termos de teores de NPK.

Tabela 53- Teores de nutrientes (NPK) das plantas do experimento do campo

Tratamento	N g/kg	Teste de Tukey	P g/kg	K g/kg
		Aroeira Vermelha Folhas		
Controle	27,00		2,21	23,72
SAI 50	58,90 ab		1,85 b	23,32 a
SAI 100	59,00 a		2,08 ab	23,08 a
SAI 200	58,80 b		2,39 a	21,15 b
SAC 50	53,15 c		2,32 ab	23,69 a
SAC 100	56,28 b		2,39 a	19,68 b
SAC 200	71,23 a		2,27 b	22,76 a
		Aroeira Vermelha Galhos		
Controle	3,70		1,86	9,23
SAI 50	20,27 c		1,65 b	11,56 a
SAI 100	27,33 a		1,45 c	11,48 a
SAI 200	24,53 b		1,81 a	10,59 b
SAC 50	13,22 c		1,41 a	11,15 a
SAC 100	18,14 b		0,89 b	10,41 b
SAC 200	29,40 a		0,68 c	11,38 a
		Paineira Rosa Folhas		
Controle	30,18		2,94	18,40
SAI 50	72,35 a		3,01 a	17,73 a
SAI 100	72,58 a		2,98 a	13,78 b
SAI 200	ND		ND	ND
SAC 50	68,96 c		2,94 a	17,56 a
SAC 100	75,60 b		3,03 a	14,72 b
SAC 200	91,73 a		1,53 b	11,54 c
		Paineira Rosa Galhos		
Controle	5,90		2,78	19,61
SAI 50	4,13 b		1,41 a	14,87 a
SAI 100	5,06 a		1,09 b	14,69 b
SAI 200	ND		ND	ND
SAC 50	4,86 a		0,51 a	19,88 a
SAC 100	1,82 b		0,39 b	15,83 b
SAC 200	ND		0,12 c	9,74 c

ND – Amostra não determinada.

As respostas na Tab. 54 para acúmulo de nutrientes NPK das plantas foram verificadas que, estatísticamente, a concentração de 50 g·planta^{-1} foi que apresentou melhor resultado na produção acumulada de nutrientes NPK, para ambos os fertilizantes e ambas as culturas (aroeira e paineira). O padrão inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante (50, 100 e 200 g·planta^{-1}) e produção de nutrientes NPK, neste experimento, se manteve constante, com apenas uma pequena variação do SAC

100 nitrogênio. Neste contexto, podemos inferir que existe uma relação inversamente proporcional entre a concentração de fertilizante (SAI e SAC) adicionada ao solo e a produção de nutrientes NPK pela cultura em tela, *i.e;* neste caso a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1}.

Tabela 54- Acúmulo de nutrientes (NPK) nas plantas do experimento do campo

Tratamento	N	P	K
	g·planta$^{-}_{1}$	g·planta$^{-}_{1}$	g·planta^{-1}
Aroeira Vermelha Folhas e Galhos			
Controle	1,44	0,24	1,74
SAI 50	10,85 a	0,47 a	4,77a
SAI 100	8,98 b	0,36 b	3,50 b
SAI 200	4,99 c	0,26 c	1,91 c
SAC 50	10,96 ab	0,63 a	5,87 a
SAC 100	12,61 a	0,55 a	4,88 b
SAC 200	6,02 b	0,18 b	2,00 c
Paineira Rosa Folhas e Galhos			
Controle	0,42	0,14	0,99
SAI 50	2,65 a	0,19	1,75
SAI 100	2,32 b	0,16	1,38
SAI 200	ND	ND	ND
SAC 50	2,11a	0,12 a	2,46 a
SAC 100	0,70 b	0,03 b	0,48 b
SAC 200	0,99 b	0,02 c	0,32 b

5.3.4.1 RESULTADO DAS MASSAS SECAS E NUTRIENTES (NPK) AROEIRA FOLHAS E GALHOS

Os resultados das ANOVAS das plantas do experimento do site do campo da INB, Aroeira Vermelha e Paineira Rosa, encontram-se nos anexos 12 e 13 respectivamente. Neste experimento temos algumas parcelas perdidas Aroeiras (9A e 11A do SAI e 16A, 19A e 21A do SAC) e Paineiras (31P, 32P, 33P, 36P, 41P e 42P), desta forma estimaram-se as parcelas perdidas a partir da média das parcelas dos seus devidos grupos correspondentes.

Massa seca das folhas de Aroeira (g/planta)

A figura 53 apresenta a relação massa seca parte aérea das plantas de Aroeira Vermelha (folhas) com dose e tipo de fertilizantes (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca parte aérea de folhas aroeira em relação à fonte fertilizante foi significativa (P<0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de massa secas diferentes estatisticamente.

Tabela 55 – Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para massa seca das folhas das plantas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	136,40
2	SAI	103,02
3	Controle	41,83

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 53que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} e 100 kg ha^{-1} obtiveram os melhores resultados.

Tabela 56 – Resultado do teste de Tukey para massa seca das folhas das plantas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	150,44 a
a	100	145,22 a
b	200	63,48 b

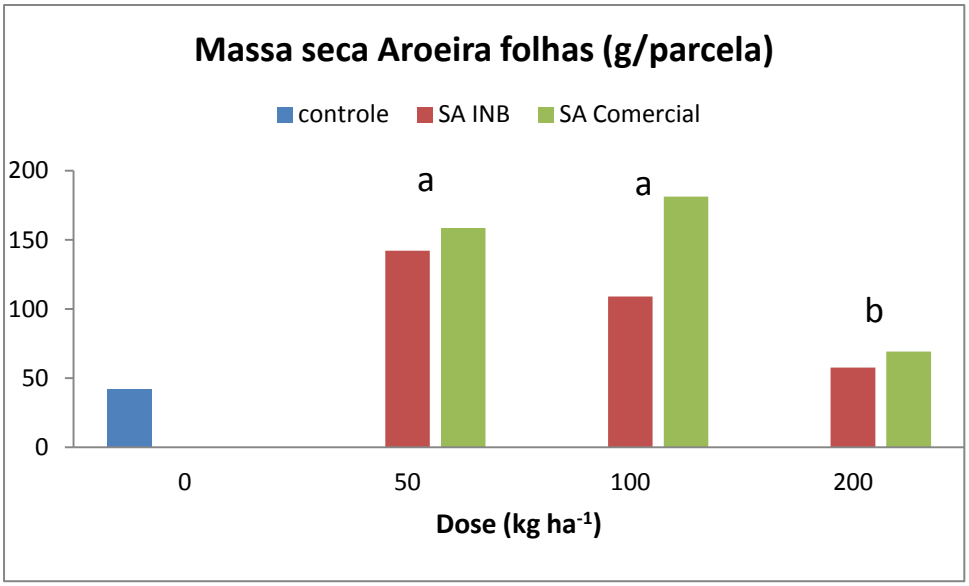


Figura 53 – **Massa seca (g·planta^{-1}) das folhas de plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

- **Massa seca dos galhos de Aroeira (g/planta)**

A figura 54 apresenta a relação massa seca dos galhos das plantas de Aroeira Vermelha (folhas) com dose e tipo de fertilizantes (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca dos galhos das aroeiras em relação à fonte fertilizante não foi significativa (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de massa secas iguais estatisticamente.

Tabela 57- Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para massa seca dos galhos das plantas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	121,87
2	SAI	96,02
3	Controle	80,29

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 54 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 58. Resultado do teste de Tukey para massa seca dos galhos das plantas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	158,43 a
a	100	117,51 a
b	200	50,89 b

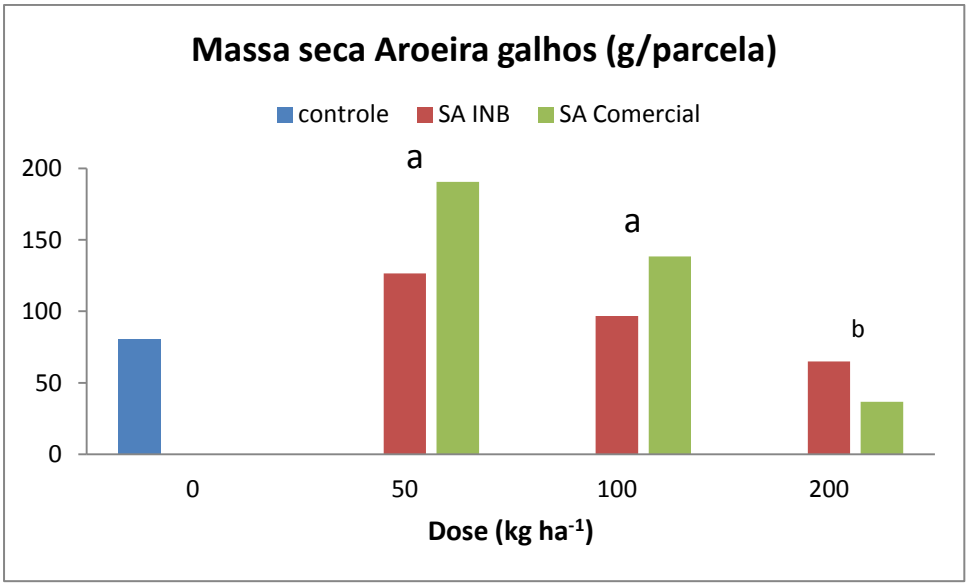


Figura 54– **Massa seca (g·planta^{-1}) dos galhos de plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

- **Acúmulo da Massa seca das partes aéreas de Aroeira (g/planta)**

A figura 55 apresenta a relação do acúmulo da massa seca, nas folhas e galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca na parte aérea das plantas em relação à fonte de fertilizantes, foram significativos ($P<0,05$), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram acúmulo de massa seca nas plantas diferentemente.

Tabela 59 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para acúmulo de massa seca das plantas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	258
2	SAI	199
3	Controle	122

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 55 que o plantio com as doses 50 kg ha^{-1} obteve melhor resultado.

Tabela 60 - Resultado do teste de Tukey para acúmulo de massa seca das plantas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	309 a
b	100	263 b
c	200	114,5 c

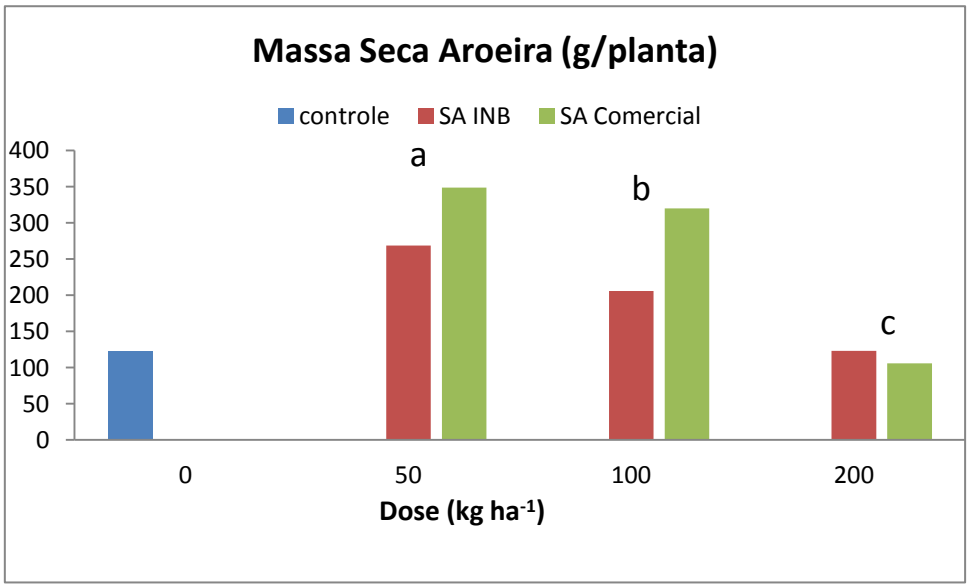


Figura 55 – Massa seca (g·planta^{-1}) das partes aéreas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.2- RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE AROEIRA (g/kg)

A figura 56 apresenta a relação do nutriente, nitrogênio, nas folhas das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas folhas das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nas folhas das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 61 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de nitrogênio nas folhas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	60,22
2	SAI	58,87
3	Controle	27,00

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 56 que o plantio com a dose 200 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 62 – Resultados do teste de Tukey para teores de nitrogênio nas folhas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	200	65,02 a
b	100	57,62 b
b	50	56,00 b

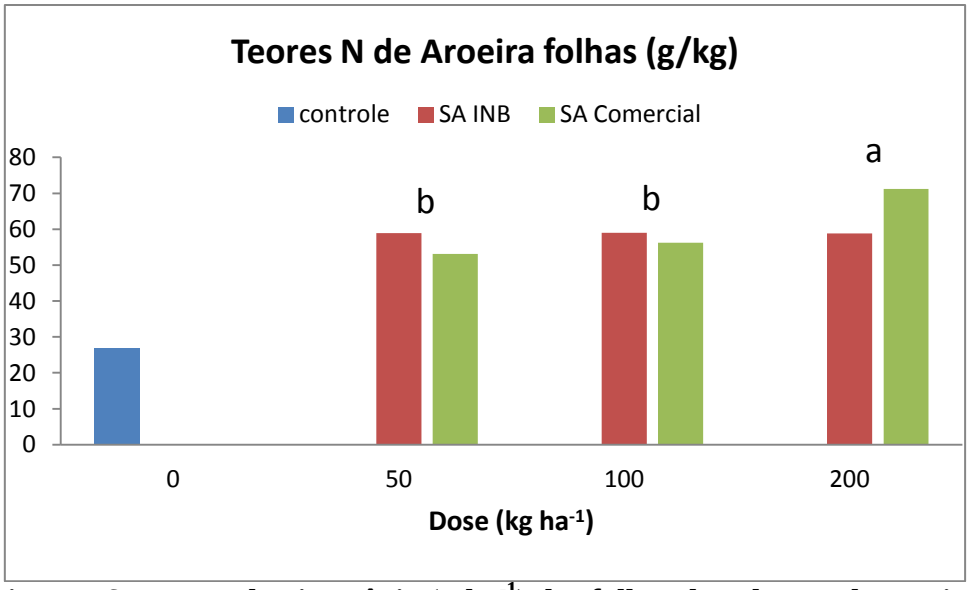


Figura 56- Teores de nitrogênio (g·kg^{-1}) das folhas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.3- RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE AROEIRA (g/kg)

A figura 57 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nas folhas das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas folhas das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo nas folhas das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 63 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de fósforo nas folhas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	2,33
2	SAI	2,11
3	Controle	2,21

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de fósforo. E em relação à dose, pode-se observar na figura 57 que o plantio com a dose 200 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 64 – Resultados do teste de Tukey para teores de fósforo nas folhas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	200	2,33 a
a	100	2,23 a
b	50	2,08 b

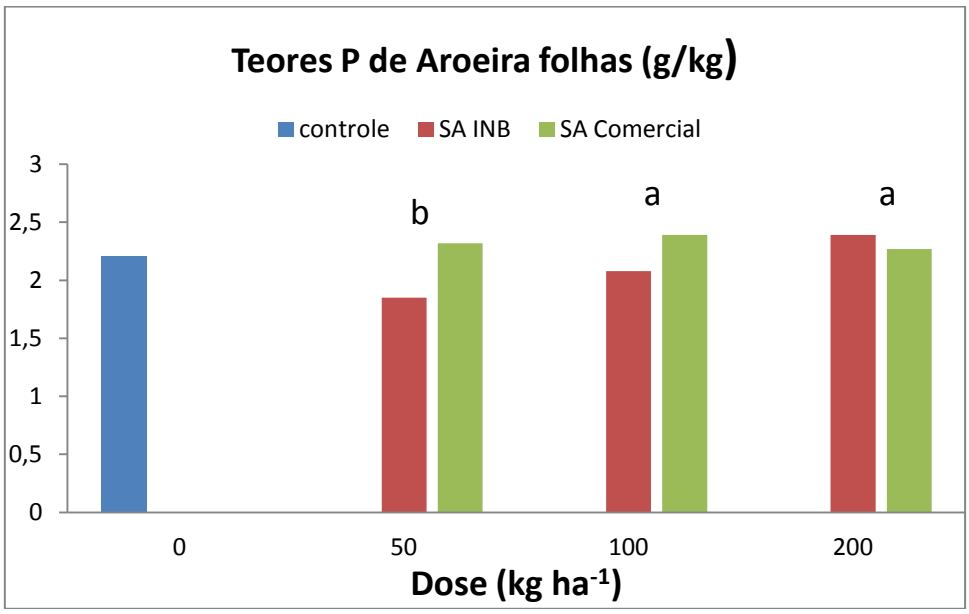


Figura 57- Teores de fósforo (g·kg^{-1}) das folhas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.4- RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE AROEIRA (g/kg)

A figura 58 apresenta a relação do nutriente, Potássio, nas folhas das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas folhas das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nas folhas das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 65 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de potássio nas folhas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	22,04
2	SAI	22,52
3	Controle	23,72

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não

existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de potássio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 58 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 66 – Resultados do teste de Turkey para teores de potássio nas folhas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	23,51 a
ab	200	21,95 ab
b	100	21,38 b

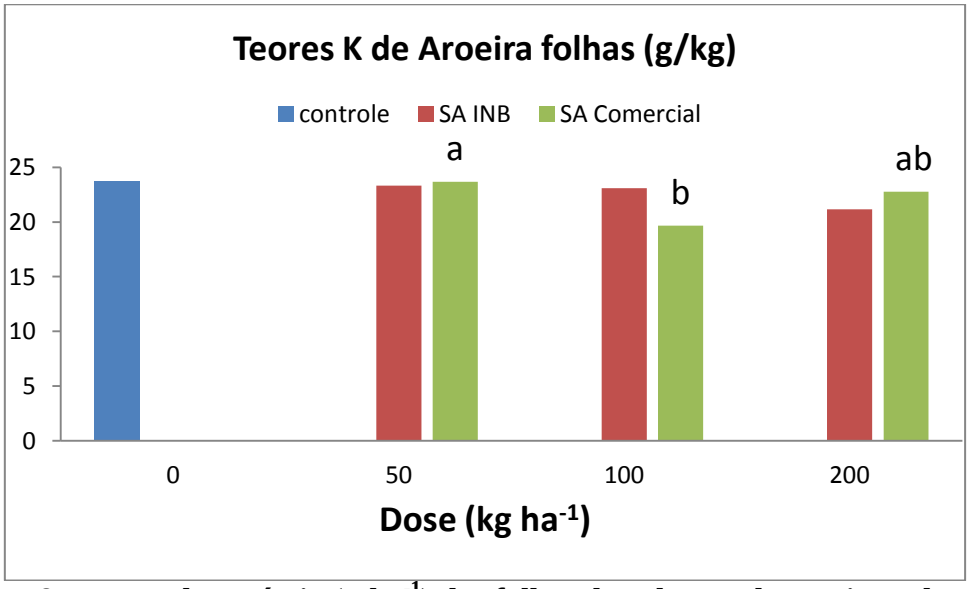


Figura 58- Teores de potássio (g·kg^{-1}) das folhas das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.5- - RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NOS GALHOS DE AROEIRA (g/kg)

A figura 59 apresenta a relação do nutriente, nitrogênio, nos galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nos galhos das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nos galhos das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 67 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de nitrogênio nos galhos de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	20,27
2	SAI	24,04
3	Controle	3,7

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 59 que o plantio com a dose 200 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 68 – Resultados do teste de Tukey para teores de nitrogênio nos galhos de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	200	26,97 a
b	100	22,74 b
c	50	16,75 c

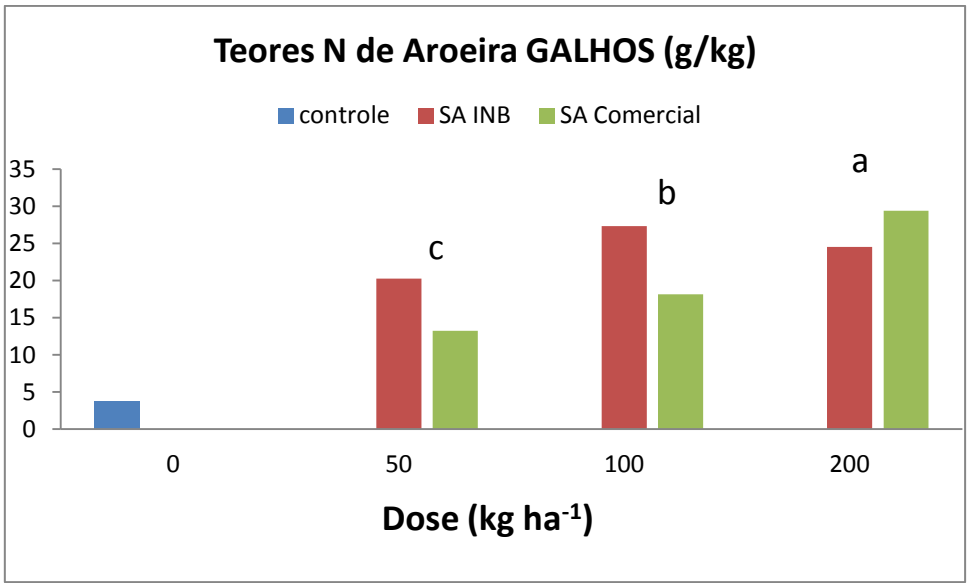


Figura 59-- Teores Nitrogênio (g·kg^{-1}) dos galhos das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.6- - RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NOS GALHOS DE AROEIRA (g/kg)

A figura 60 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nos galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença

entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nos galhos das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo nos galhos das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 69 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de fósforo nos galhos de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,99
2	SAI	1,64
3	Controle	1,86

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram positivamente na cultura em termos de fósforo. E em relação à dose, pode-se observar na figura 60 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 70 – Resultados do teste de Turkey para teores de fósforo nos galhos de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	1,53 a
b	200	1,24 b
b	100	1,17 b

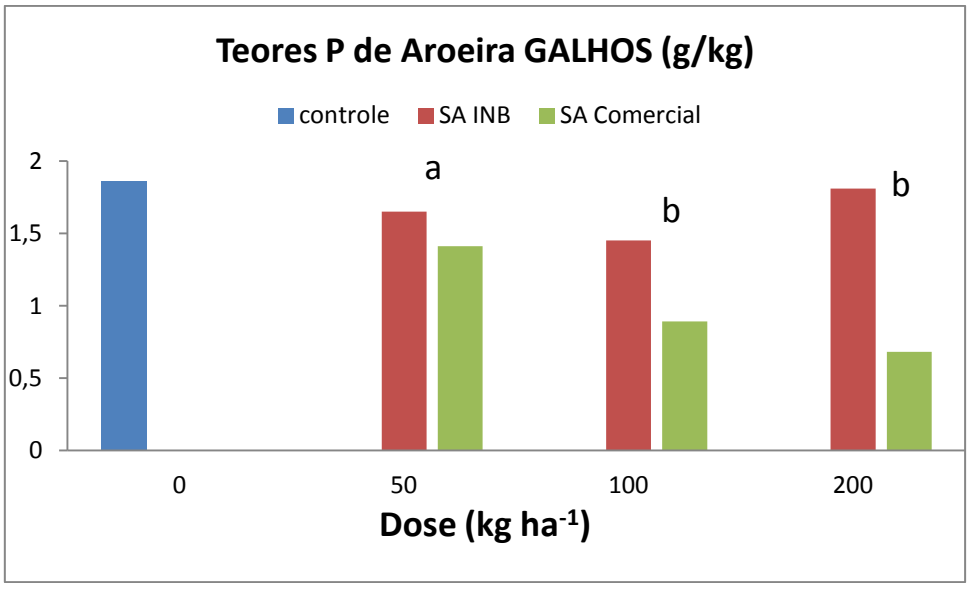


Figura 60 – Teores de fósforo (g·kg^{-1}) dos galhos das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.7- - RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NOS GALHOS DE AROEIRA (g/kg)

A figura 61 apresenta a relação do nutriente, potássio, nos galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nos galhos das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nos galhos das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 71 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para teores de potássio nos galhos de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	10,78
2	SAI	11,21
3	Controle	9,23

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de potássio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 61 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 72 – Resultados do teste de Tukey para teores de potássio nos galhos de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	11,35 a
ab	200	10,99 ab
b	100	10,64 b

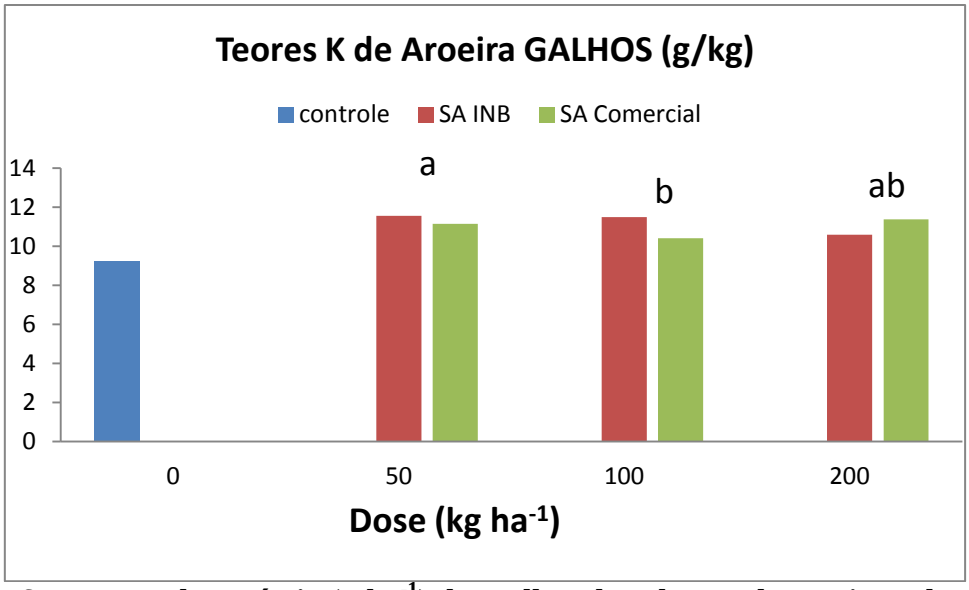


Figura 61- Teores de potássio (g·kg^{-1}) dos galhos das plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.8- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO NA AROEIRA

A figura 62 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, nitrogênio, nas folhas e galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea das plantas em relação à fonte de fertilizante, foram significativos (P<0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram acúmulo de nitrogênio nas plantas diferentemente.

Tabela 73 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para o acúmulo de nitrogênio nas plantas de aroeira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	9,86
2	SAI	8,27
3	Controle	1,44

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 62 que o plantio com as doses 50 kg ha^{-1} e 100 kg ha^{-1} apresentaram resultados idênticos e melhores.

Tabela 74 – Resultado do teste de Turkey para o acúmulo de nitrogênio nas plantas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	10,91 a
a	100	10,80 a
b	200	5,5 b

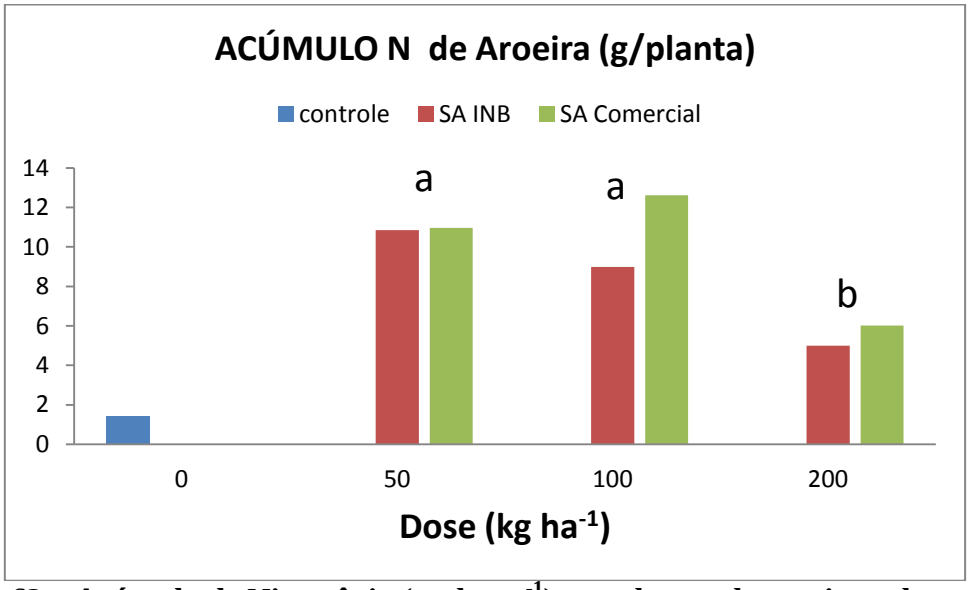


Figura 62 – **Acúmulo de Nitrogênio (g·planta^{-1}) nas plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

5.3.4.9- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO NA AROEIRA

A figura 63 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nas folhas e nos galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea das plantas em relação à fonte de fertilizante, foram significativos (P<0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo na parte aérea das plantas de maneira diferente estatisticamente.

Tabela 75 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para o acúmulo de fósforo nas plantas de aroeira

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,45
2	SAI	0,36
3	Controle	0,24

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de fósforo. E em relação à dose, pode-se observar na figura 63 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 76 – Resultado do teste de Tukey para o acúmulo de fósforo nas plantas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	0,55 a
b	100	0,45 b
c	200	0,22 c

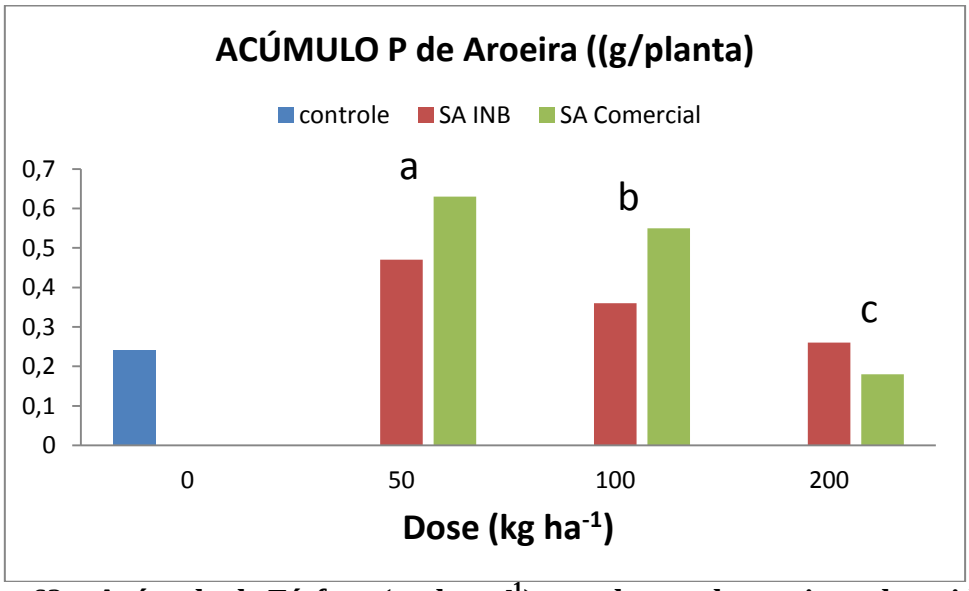


Figura 63 – **Acúmulo de Fósforo (g·planta^{-1}) nas plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

5.3.4.10- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO NA AROEIRA

A figura 64 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, potássio, nas folhas e nos galhos das plantas de Aroeira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nas folhas e nos galhos das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 77 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) para o acúmulo de potássio nas plantas de aroeira

	Tratamentos	Médias
1	SAC	4,25
2	SAI	3,39
3	Controle	1,74

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de potássio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 64 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 78 – Resultado do teste de Tukey para o acúmulo de potássio nas plantas de aroeira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	5,32 a
ab	100	4,19 ab
b	200	1,95 b

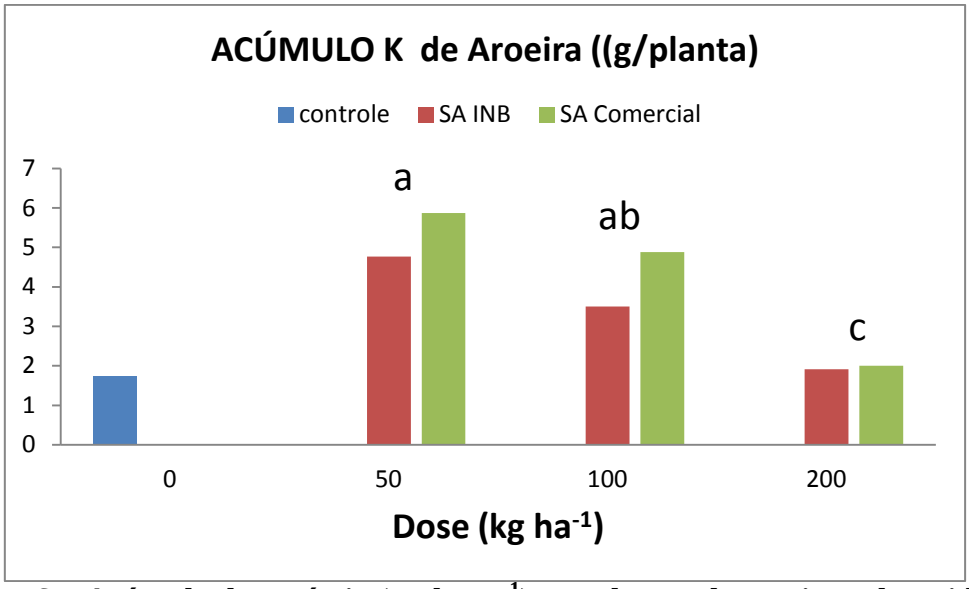


Figura 64- **Acúmulo de Potássio (g·$planta^{-1}$) nas plantas de aroeira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

- **Síntese do acumulado de massa seca e NPK para as plantas de aroeira:**

Na figura 65 verificamos o acumulado de massa seca e NPK para as plantas de Aroeira Vermelha do experimento do campo, onde podemos dizer que não há diferença no padrão entre os fertilizantes, SAC e SAI. Observa-se a tendência de um padrão

inversamente proporcional entre a concentração dos fertilizantes e produção de massa seca e de nutrientes (NPK), assim, a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1} . Observa-se ainda que ambos os fertilizantes produziram massa seca e nutrientes de NPK positivamente para cultura de Aroeira Vermelha.

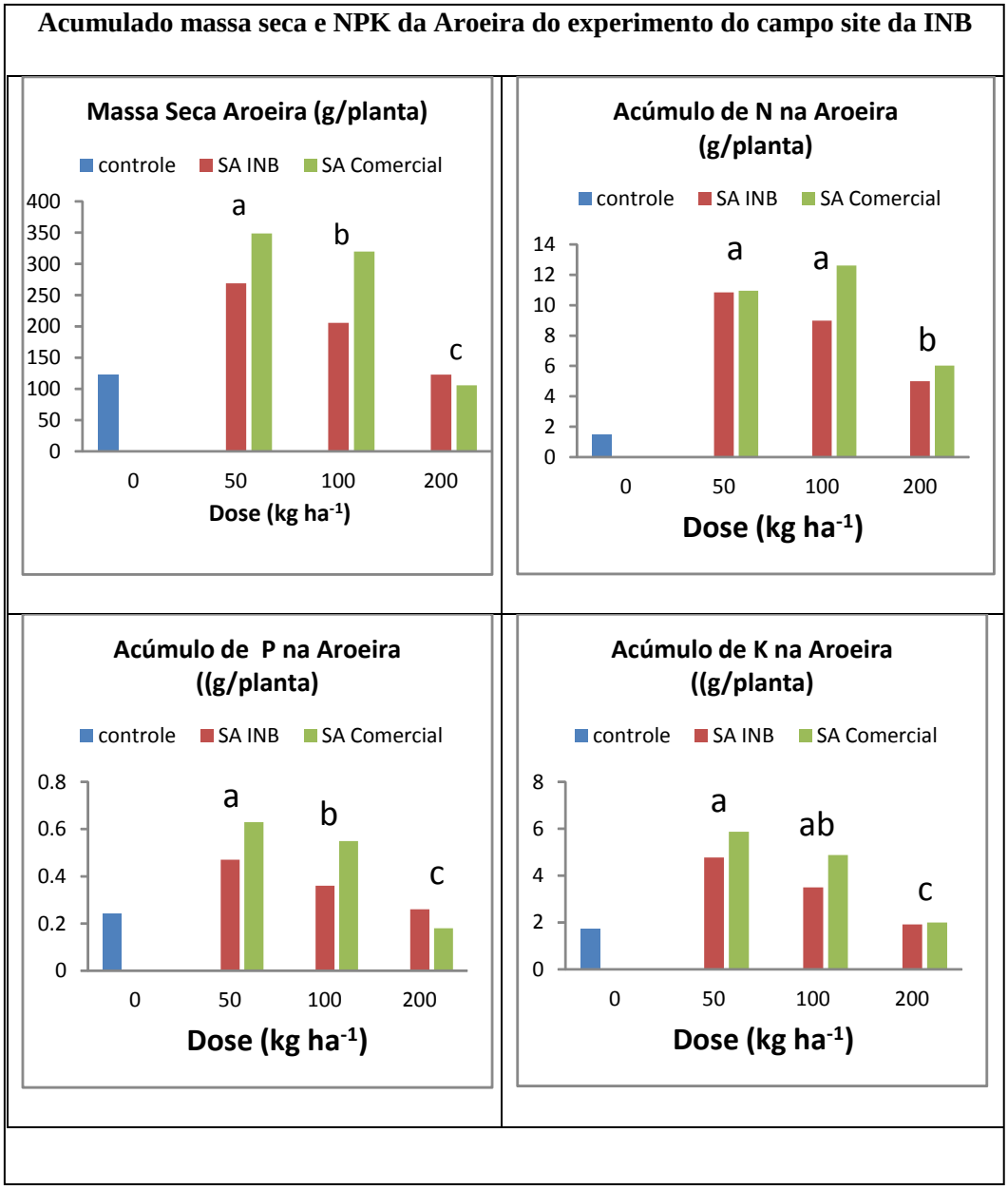


Figura 65 - Acúmulo de massa seca (g·planta^{-1}) e NPK (g·planta^{-1}) em aroeira do experimento do campo.

5.3.4.11- - RESULTADO DA ANOVA DAS MASSAS SECAS E NUTRIENTES (NPK) PAINEIRA FOLHAS E GALHOS

- **Acúmulo da Massa seca das folhas de PAINEIRA (g/parcela)**

A figura 66 apresenta a relação massa seca parte aérea das plantas de Paineira Rosa (folhas) com dose e tipo de fertilizantes (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca das folhas de Paineira em relação à fonte fertilizante não foi significativa (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de massa secas iguais estatisticamente.

Tabela 79 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) das massas secas das folhas das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	19,51
2	SAI	14,35
3	Controle	12,85

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 66 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 80 – Resultado Teste de Tukey das massas secas das folhas das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	27,86 a
b	100	17,55 b
c	200	5,38 c

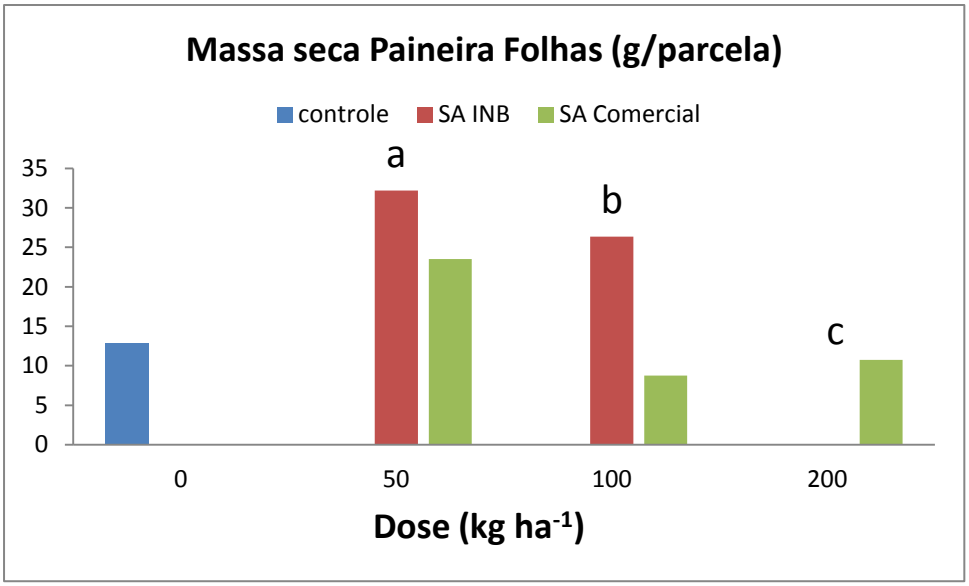


Figura 66 – Massa seca das folhas de Paineira (g/parcela) **submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

- **Acúmulo da Massa seca dos galhos de Paineira (g/parcela)**

A figura 67 apresenta a relação massa seca dos galhos das plantas de Paineira Rosa com dose e tipo de fertilizantes (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca dos galhos das Paineiras em relação à fonte fertilizante não foi significativa (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de massa secas iguais estatisticamente.

Tabela 81 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) das massas secas dos galhos das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	48,47
2	SAI	48,23
3	Controle	38,04

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 67 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 82 – Resultados do teste de Tukey das massas secas dos galhos das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	90,1 a
b	100	45,12 b
c	200	9,85 c

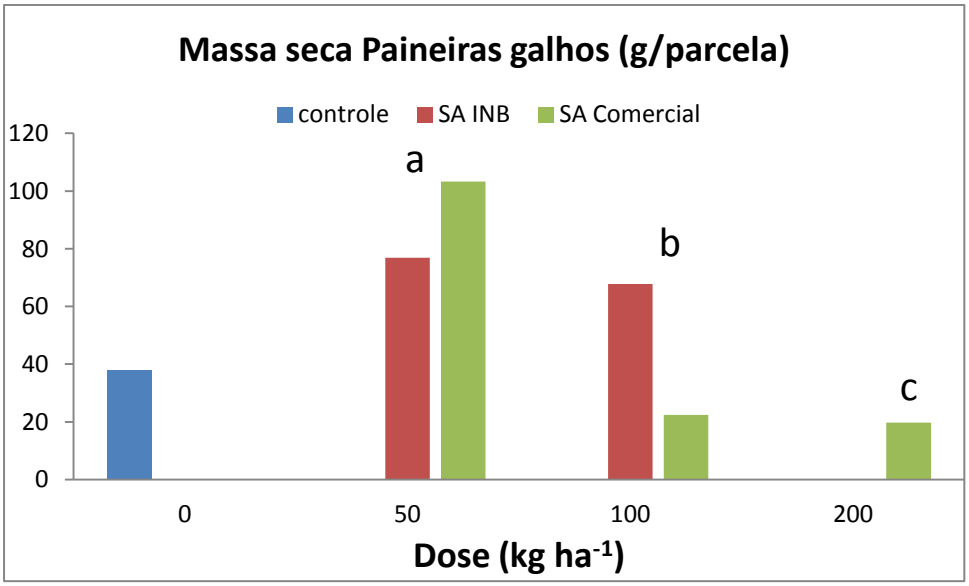


Figura 67 – Massa seca dos galhos de Paineira (g/parcela) **submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.**

- **Acúmulo da Massa seca das folhas e dos galhos de Paineira (g/planta)**

A figura 68 apresenta a relação massa seca das plantas de Paineira Rosa com dose e tipo de fertilizantes (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação à massa seca da parte aérea das plantas das Paineiras em relação à fonte fertilizante não foi significativa (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de massa secas iguais estatisticamente.

Tabela 83 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) das massas secas das folhas e dos galhos das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	62,66
2	SAI	67,66
3	Controle	51,00

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de massa seca. E em relação à dose, pode-se observar na figura 68 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 84 – Resultado do teste de Tukey das massas secas das folhas e dos galhos das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	118,00 a
b	100	62,50 b
c	200	15,00 c

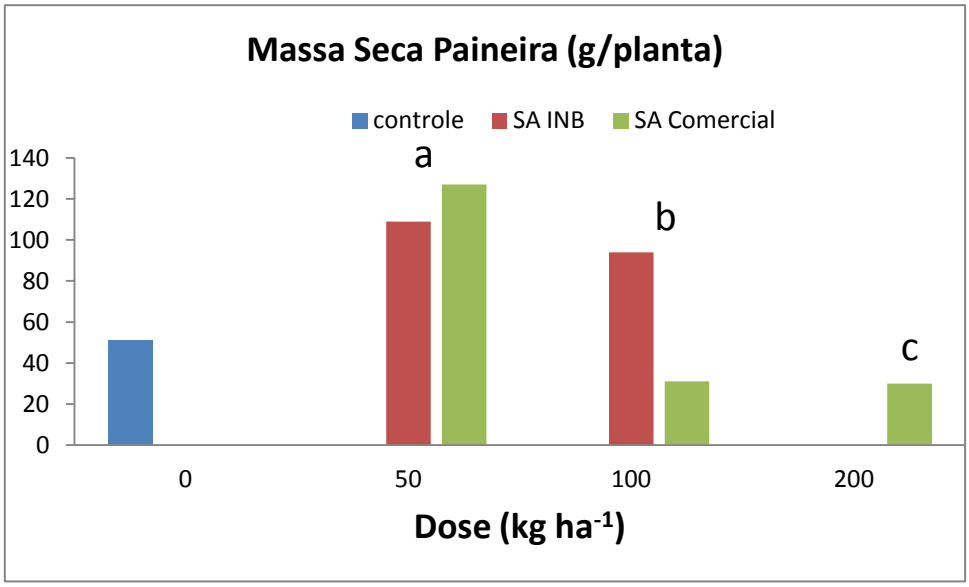


Figura 68 – Acumulado de massa seca da Paineira (g/planta) submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.12- - RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE PAINEIRA (g/kg)

A figura 69 apresenta a relação do nutriente, nitrogênio, nas folhas das plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao

referido nutriente, nas folhas das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nas folhas das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 85 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de nitrogênio das folhas das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	78,76
2	SAI	48,31
3	Controle	30,18

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 69 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 86 – Resultado do teste de Tukey dos teores de nitrogênio das folhas das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	74,09 a
b	50	70,65 b
c	200	45,86 c

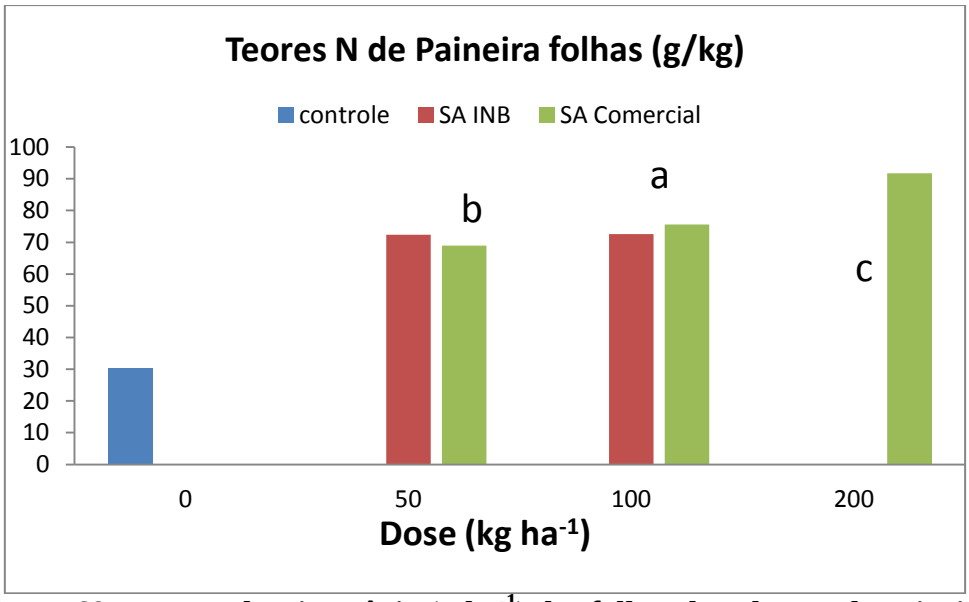


Figura 69 - Teores de Nitrogênio (g·kg^{-1}) das folhas das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.13- - RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE PAINEIRA (g/kg)

A figura 70 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nas folhas das plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas folhas das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo nas folhas das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 87 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de fósforo das folhas das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	2,50
2	SAI	2,00
3	Controle	2,94

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos, na média, não influenciaram na cultura em termos de fósforo, pode-se explicar pelo fato de ter ocorrido à perda de plantas durante o experimento. E em relação à dose, pode-se observar na figura 70 que o plantio com a dose 100 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 88- resultado do teste de Tukey dos teores de fósforo das folhas das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	100	3,00 a
a	50	2,96 a
b	200	0,77 b

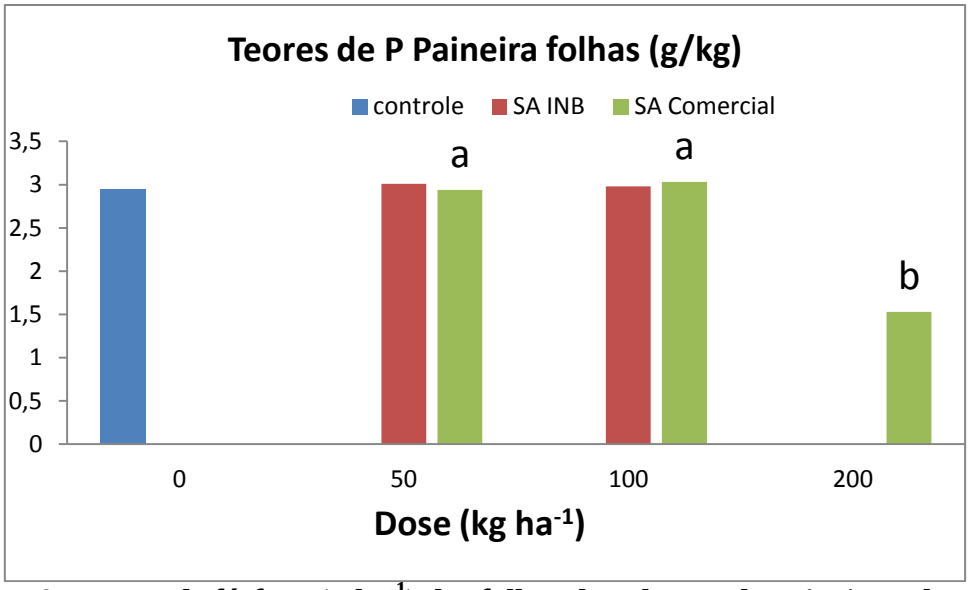


Figura 70- Teores de fósforo (g·kg^{-1}) das folhas das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.14- - RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE PAINEIRA (g/kg)

A figura 71 apresenta a relação do nutriente, Potássio, nas folhas das plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas folhas das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nas folhas das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 89 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de potássio das folhas das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	14,61
2	SAI	10,50
3	Controle	18,40

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de potássio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 71 que o plantio com a dose 200 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 90 – Resultado do teste de Tukey dos teores de potássio das folhas das

plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	17,65 a
b	100	14,25 b
c	200	5,77 c

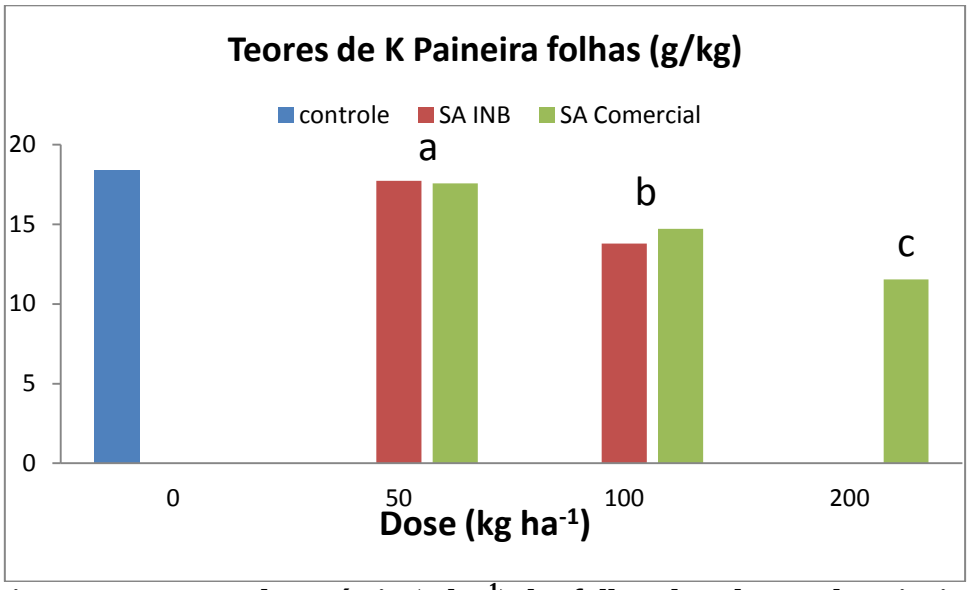


Figura 71 - Teores de potássio (g·kg^{-1}) das folhas das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.15- -- RESULTADO DE TEORES DE NITROGÊNIO NOS GALHOS DE PAINEIRA (g/kg)

A figura 72 apresenta a relação do nutriente, nitrogênio, nos galhos das plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nos galhos das plantas em relação à fonte de fertilizante, foram significativos (P<0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nos galhos das plantas diferentemente.

Tabela 91 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de nitrogênio nos galhos das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	2,23
2	SAI	3,06
3	Controle	0,59

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, existe

diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 72 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 92 – Resultado do teste de Turkey dos teores de nitrogênio nos galhos das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	4,49 a
a	100	3,44 a
b	200	0,00 b

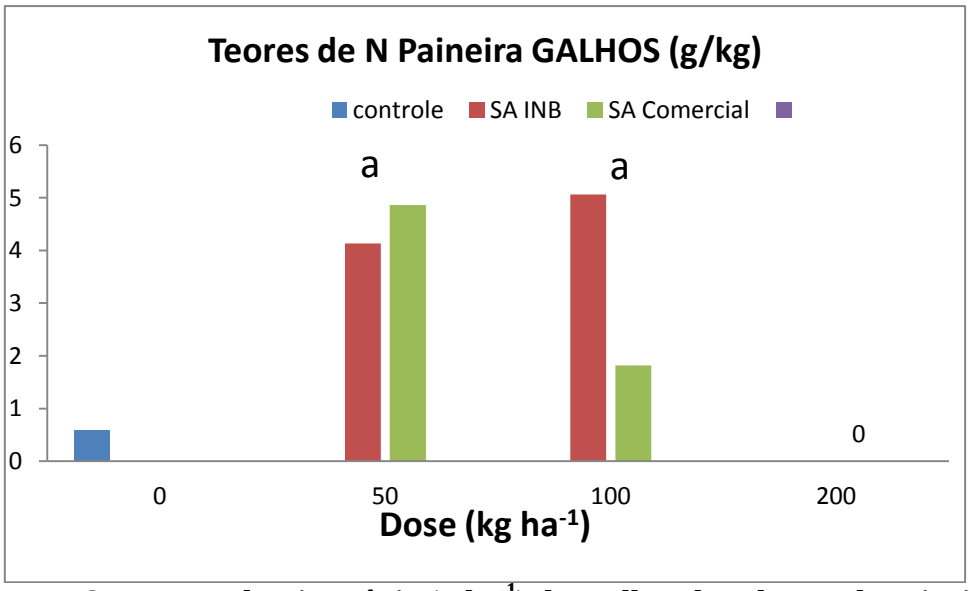


Figura 72 – Teores de Nitrogênio (g·kg^{-1}) dos galhos das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.16- - RESULTADO DE TEORES DE FÓSFORO NOS GALHOS DE PAINEIRA (g/kg)

A figura 73 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nos galhos das plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI e SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nos galhos das plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo nos galhos das plantas iguais estatisticamente.

Tabela 93 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de fósforo nos galhos das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,33
2	SAI	0,83
3	Controle	2,78

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos não influenciaram na cultura em termos de fósforo. E em relação à dose, pode-se observar na figura 73 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 94 – Resultado do teste de Turkey dos teores de fósforo nos galhos das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	0,96 a
b	100	0,74 b
c	200	0,06 c

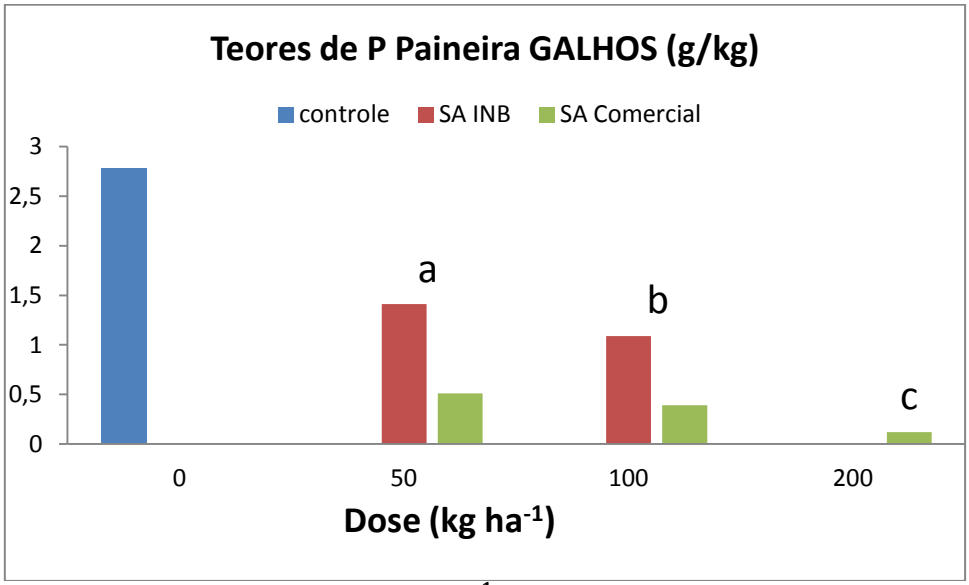


Figura 73 – Teores de fósforo (g·kg^{-1}) dos galhos das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.
de Paineira galhos (g/kg)

5.3.4.17- - RESULTADO DE TEORES DE POTÁSSIO NOS GALHOS DE PAINEIRA (g/kg)

A figura 74 gráfico apresenta a relação do nutriente, potássio, nos galhos das plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nos galhos das plantas em relação à fonte de fertilizante, foram significativos (P<0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nos galhos das plantas diferentemente estatisticamente..

Tabela 95 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) dos teores de potássio nos galhos das plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	15,15
2	SAI	9,85
3	Controle	19,61

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos, na média, não influenciaram na cultura em termos de potássio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 74 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 96 – resultado do teste de Turkey dos teores de potássio nos galhos das plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	17,38 a
b	100	15,26 b
c	200	4,87 c

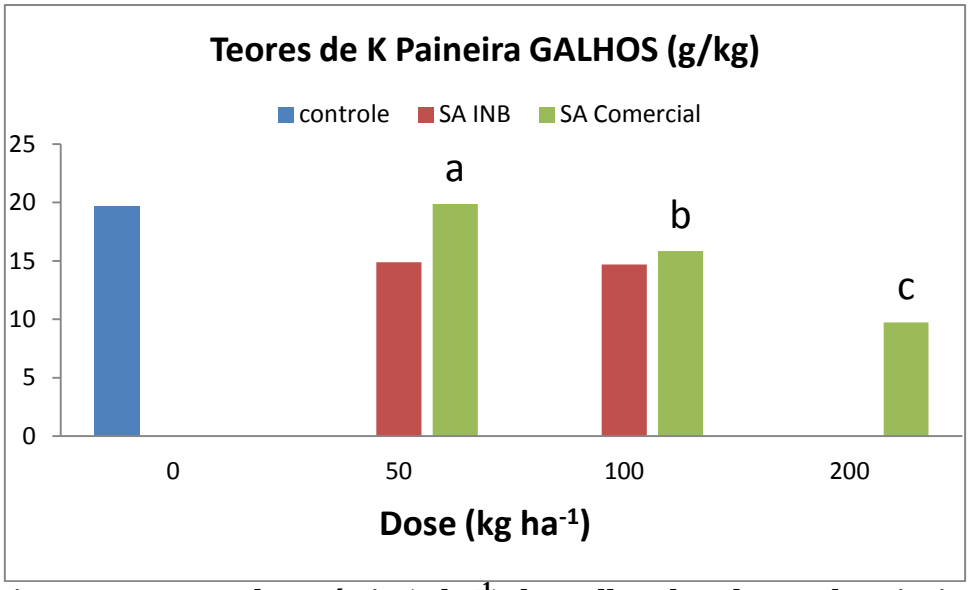


Figura 74- Teores de potássio (g·kg^{-1}) dos galhos das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio.

5.3.4.18- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE NITROGÊNIO NA PAINEIRA

A figura 75 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, nitrogênio, nas plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de nitrogênio nas plantas iguais estatisticamente.

Tabela 97 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) do acúmulo de nitrogênio nas plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	1,26 a
2	SAI	1,66 b
3	Controle	0,42 c

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de nitrogênio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 75 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 98 – Resultado do teste de Tukey do acúmulo de nitrogênio nas plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	2,38 a
b	100	1,51 b
c	200	0,50 c

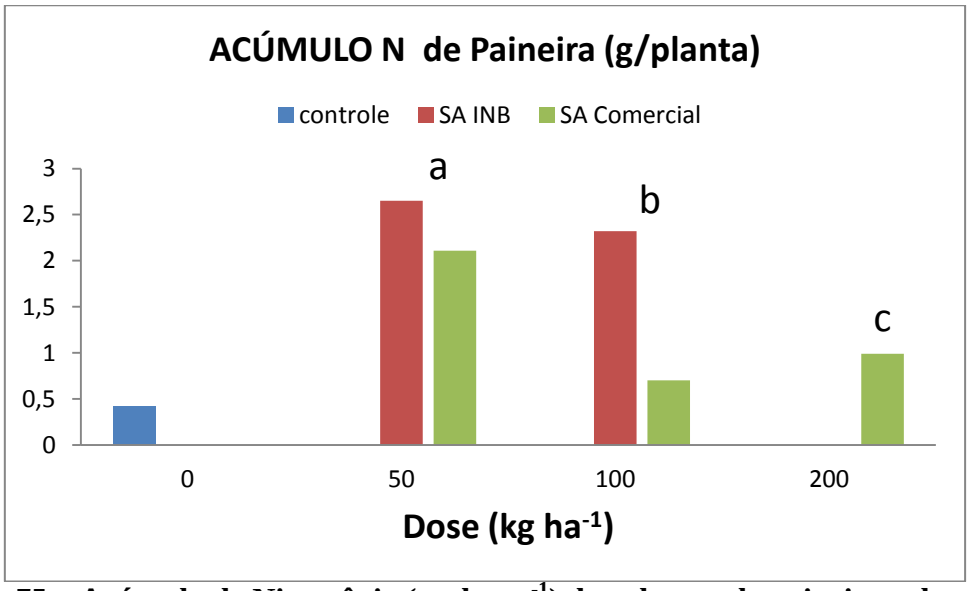


Figura 75 – **Acúmulo de Nitrogênio (g planta^{-1}) das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio**

5.3.4.19- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE FÓSFORO NA PAINEIRA

A figura 76 apresenta a relação do nutriente, fósforo, nas plantas de Paineiras com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, na parte aérea das plantas em relação à fonte de fertilizante, foram significativos (P<0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de fósforo na parte aérea das plantas de maneira diferente estatisticamente.

Tabela 99 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) do acúmulo de fósforo nas plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	0,06
2	SAI	0,12
3	Controle	0,14

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, existe diferença entre os fertilizantes usados e que apenas o SAI influenciou positivamente na cultura em termos de fósforo. E em relação à dose, pode-se observar na figura 76 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 100 – Resultado do teste de Tukey do acúmulo de fósforo nas plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	0,16 a
b	100	0,10 b
c	200	0,01 c

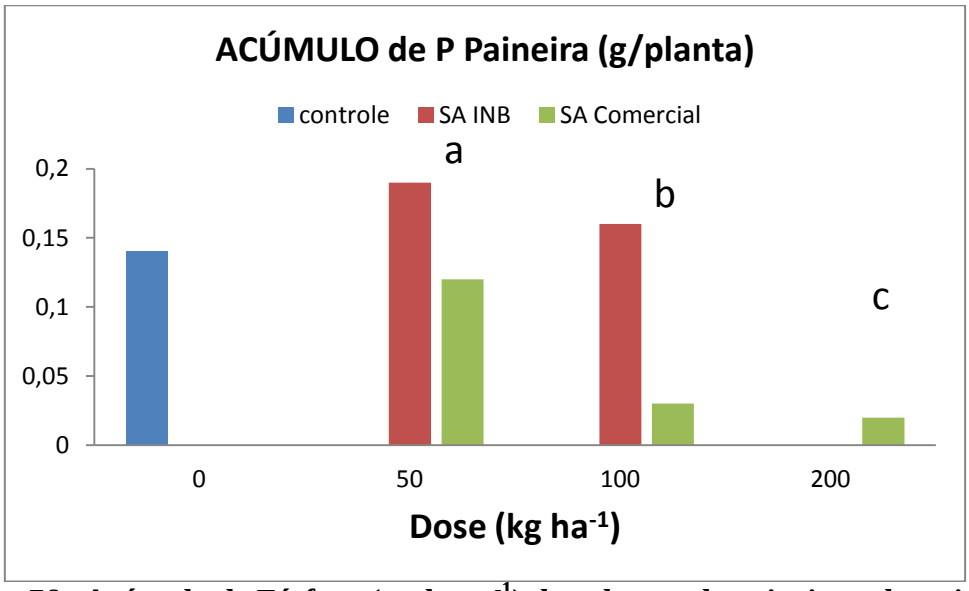


Figura 76– **Acúmulo de Fósforo (g planta^{-1}) das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio**

5.3.4.20- - RESULTADO DO ACÚMULO DE NUTRIENTE POTÁSSIO NA PAINEIRA

A figura 77 apresenta a relação do acúmulo do nutriente, potássio, nas plantas de Paineira com dose e tipo de fertilizante (SAI E SAC), onde é possível verificar diferença entre as doses dos fertilizantes, porém vale ressaltar que em relação ao referido nutriente, nas plantas em relação à fonte de fertilizante, não foram significativos (P>0,05), ou seja, ambas as fontes de fertilizantes proporcionaram quantidades de potássio nas plantas iguais estatisticamente.

Tabela 101 - Resultado dos tratamentos (SAC e SAI) do acúmulo de potássio nas plantas de paineira.

	Tratamentos	Médias
1	SAC	1,09
2	SAI	1,05
3	Controle	0,99

Com relação ao teste de Turkey podemos afirmar que, estatisticamente, não existe diferença entre os fertilizantes usados e que os mesmos influenciaram positivamente na cultura em termos de potássio. E em relação à dose, pode-se observar na figura 77 que o plantio com a dose 50 kg ha^{-1} obteve o melhor resultado.

Tabela 102 – resultado do teste de Tukey do acúmulo de potássio nas plantas de paineira.

Grupos	Doses dos Fertilizantes	Médias
a	50	2,11 a
b	100	0,93 b
c	200	0,16 c

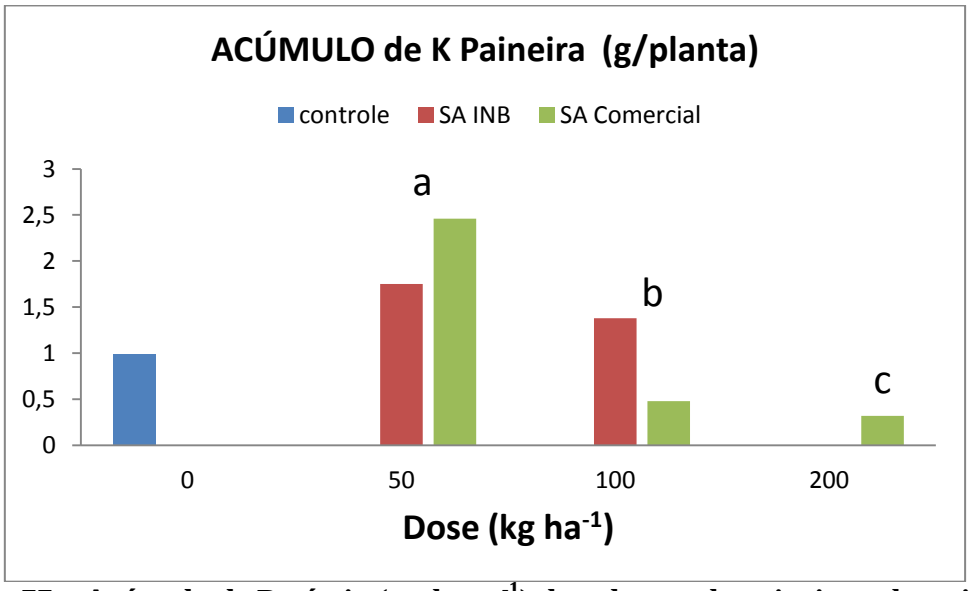


Figura 77 – **Acúmulo de Potássio (g planta^{-1}) das plantas de paineira submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio**

- **Síntese do acumulado de massa seca e NPK para as plantas de paineira:**

Na figura 78 verificamos o acumulado de massa seca e NPK para as plantas de Paineira Rosa do experimento do campo, onde podemos dizer que não há diferença no

padrão entre os fertilizantes, SAC e SAI. Observa-se a tendência de um padrão inversamente proporcional entre a concentração dos fertilizantes e produção de massa seca e de nutrientes (NPK), assim, a concentração de fertilizante recomendada para o cultivo é de 50 g·planta^{-1}. Observa-se ainda que não consta os valores das plantas de Paineira Rosa que foram adubadas com o sulfato de amônio da INB (SAI) com a dose de 200 kg ha^{-1}. O motivo é que essas plantas secaram e morreram (consideradas parcelas perdidas) durante o experimento. As plantas sobreviventes foram cultivadas com o sulfato de amônio comercial (SAC). No entanto os gráficos da figura demonstram que a dose de 200 kg ha^{-1} não é totalmente recomendada para o cultivo de Paineira Rosa neste experimento.

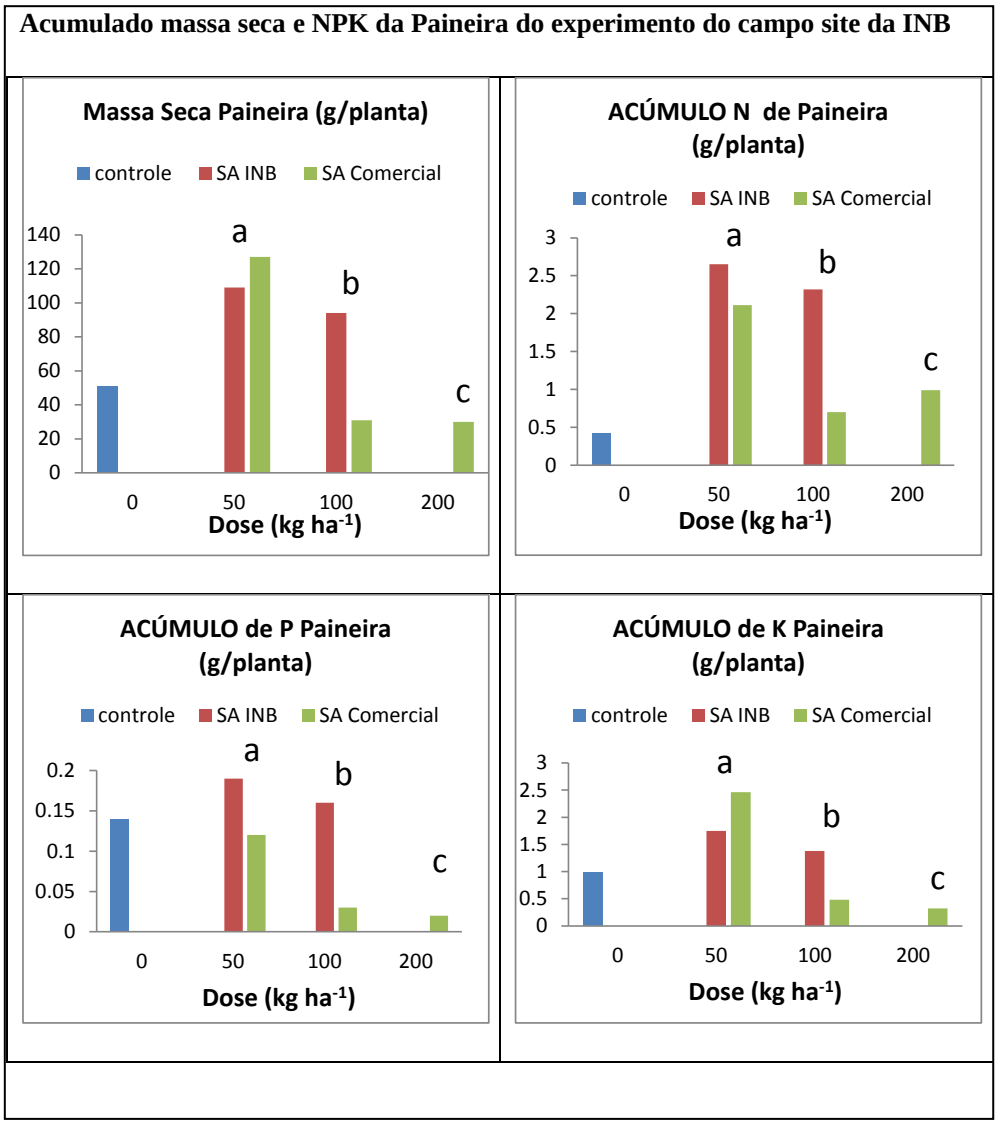


Figura 78 - Acúmulo de massa seca (g·planta^{-1}) e NPK (g·planta^{-1}) em paineira do experimento do campo.

5.3.5. RESULTADO DAS ANÁLISES RADIOLÓGICAS NO LAASC DO EXPERIMENTO DO CAMPO NO SITE DA INB

5.3.5.1. Resultados das análises radiológicas do solo natural no campo do site da INB.

Foram realizadas as análises de espectrometria gama no LAASC das amostras do solo natural do campo experimento realizado no site da INB. O objetivo era verificar a quantidade de radionuclídeos presente no solo onde foram plantadas as espécies do experimento. Neste projeto não foram realizadas as análises do solo adubado do campo. Realizadas somente as análises do solo natural. Na figura 79 está sendo mostrada a preparação da amostra para análise do solo natural do experimento do campo realizado na INB.

Figura 79– Pesagem do Solo Natural do campo INB

Fonte: Autor, 2021.

- **Cálculo da concentração da atividade no solo natural do campo do site da INB.**

Os resultados das análises do solo do campo site INB, apresentaram baixo valor de K-40 em 1460,83 keV; Ra-226 em todo espectro, valor elevado de Bi-211; quanto a U-235 praticamente desprezível, excesso de Ra-226 por todo espectro. O tempo de contagem para a amostra do solo natural foi de 7072 segundos (aproximadamente 2 horas) e a área do BG 66,7 (Figura 80).

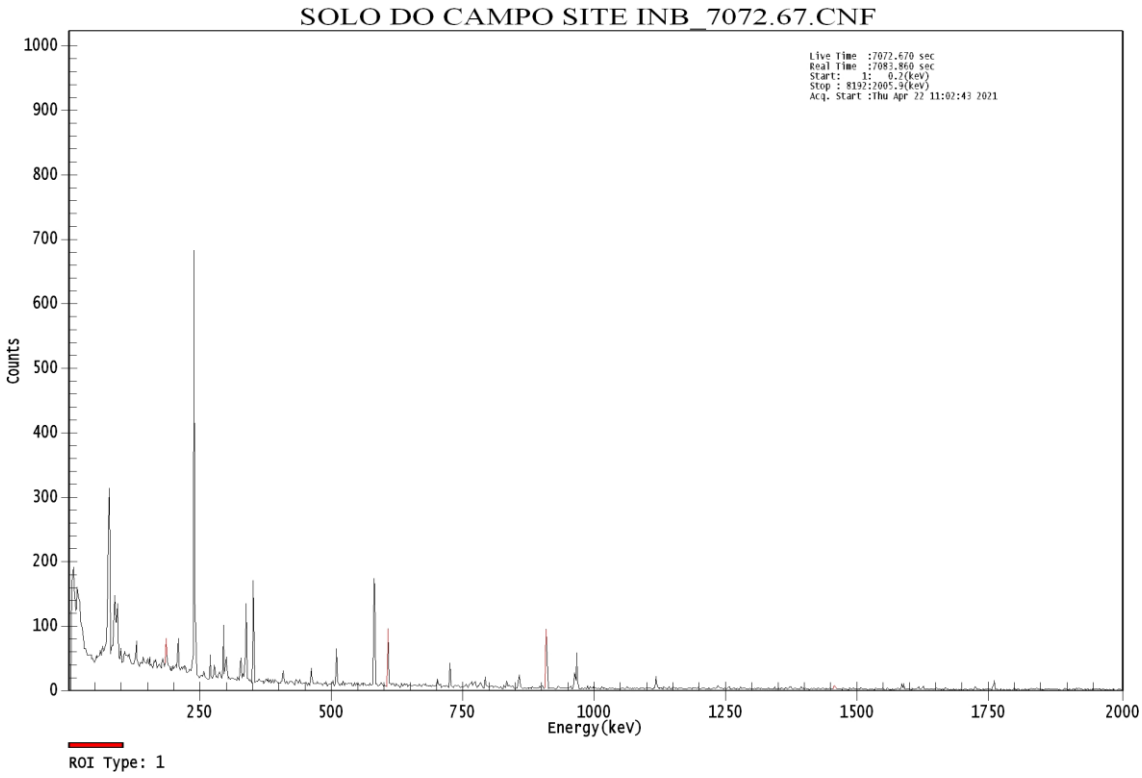


Figura 80– Espectrograma do solo natural do experimento do campo no site da INB

Fonte: Autor, 2021.

Segundo S.HARB et al (2008), partindo do pressuposto de que o equilíbrio secular foi alcançado entre os elementos pais, ^{232}Th e ^{238}U, e seus produtos de decaimento, as transições de raios γ para medir a concentração do nuclídeos na série são os seguintes (EML, 1990):

Para Ra-226 (186,2; 609,31; 1120,3 e 1764,49 keV) e para o ^{235}U (185,7 keV).

A concentração de atividade de 235U foi calculada conforme o item 3.5.3 da metodologia. Onde foi aplicado o modelo de cálculo para o solo natural do campo do site da INB (Anexo 13 – Resultados da análise radiológica do solo natural do site da INB realizada no LAASC), como descrito abaixo e representados na Tabela 103.

- **Cálculo da concentração da atividade no solo natural do campo do site da INB.**

$$^{235}U = \frac{\left(\frac{\left(\frac{C\,R_{187}}{\varepsilon_{Peak}}\right)}{M} - [^{226}Ra]I_y{}^{226}Ra\right)}{I_y{}^{235}U}$$

$$C\,R_{187} = \frac{\mathrm{N-Bg}}{\mathrm{t}}$$

N = 248 ; BG = 66,7 ; t = 7072 s

$$C\,R_{187} = \frac{248 - 66{,}7}{7072} = 0{,}0256363$$

I γ ^{226}Ra = 0,0364

I γ ^{235}U = 0,57

Ɛ $_{peak}$ = 0,05274

^{226}Ra = 70,88 Bq

^{235}U = ?

$$^{235}U = \frac{\left(\frac{\left(\frac{0{,}0256363}{0{,}05274}\right)}{0{,}15997} - [70{,}88]\text{ x }0{,}0364\right)}{0{,}57}$$

^{235}U = 0,80 Bq/kg

^{235}U = 0,00080 Bq/g Solo natural campo

Tabela 103 – Cálculo da concentração de atividade do solo natural do experimento do campo do site INB e valores de isenção da norma CNEN.

185,7 keV – U-235	**CR_{187}** $\frac{\frac{N - Bg}{t}}{\frac{248 - 66,7}{7072}}$	**I γ ^{226}Ra**	**I γ ^{235}U**	**ε_{peak}**	**^{226}Ra (Bq)**	**Massa (kg)**	**(Bq/g)**	**Incer.**	**Nível de isenção**	
									10000 (Bq)	10 (Bq/g)
Solo natural	0,02563	0,036	0,57	0,05274	70,88	0,15997	0,00080	0,00137	10000	10

Fonte: Autor, 2021.

5.3.5.2. Resultados das análises radiológicas das espécies do experimento do campo do site da INB.

Amostra das massas seca das espécies para análises radiológicas do experimento no campo no site da INB e resultados obtidos

Em 22 de setembro de 2021, deu entrada no LAASC para análises de espectrometria gama, 20 amostras das espécies do experimento do campo (Aroeira Vermelha e Paineira Rosa). Foram separadas da seguinte forma: testemunhas, diferença de fertilizantes (SAC e SAI) e pela dosagem dos fertilizantes (0%, 50%, 100%, 200%). Foram divididas em 03 grupos, sendo 07 amostras contendo folhas secas de Aroeira Vermelha (AF), 07 amostras contendo galhos secos de Aroeira Vermelha (AG) e finalmente 06 amostras contendo folhas e galhos secos de Paineira Rosa (PFG). Esta metodologia aplicada nas Paineiras Rosa foi para otimizar o desenvolvimento do experimento, visto que o espaço de tempo para finalizar a pesquisa estava limitante, as análises possuem custos elevados e concluiu-se que para este estudo, esta ação não teria nenhuma interferência no resultado final. Cujo objetivo é verificar a possível translocação do U-235 do solo para as raízes e partes aéreas das plantas. Todas as amostras foram colocadas em decaimento para equilíbrio secular por aproximadamente 35 dias. Em 28 de outubro de 2021, deu-se início às análises de espectrometria gama das amostras para determinação dos radionuclídeos. Elas foram ordenadas de forma que as amostras, supostamente, com valores de concentração da atividade mais altos nas espécies fossem realizadas primeiras (Tabela 104). É importante mencionar que, números diferentes de amostras são decorrentes de morte de alguns indivíduos no campo.

Tabela 104– Amostras das massas seca das espécies para análises radiológicas do experimento no campo do Site INB

Amostras	Espécies	Fertilizantes	Doses (Kg ha^{-1})	Massa seca (g)
01 – folhas	Aroeira	SAI	200	52,68
02 – folhas	Aroeira	SAC	200	63,56
03 – folhas e galhos	Paineira	SAC	200	17,43
04 – galhos	Aroeira	SAI	200	50,70
05 – galhos	Aroeira	SAC	200	24,21
06 – galhos	Aroeira	SAI	100	58,88
07 – folhas	Aroeira	SAI	100	70,91
08 – folhas	Aroeira	SAC	100	70,60
09 – galhos	Aroeira	SAC	100	58,76
10 – folhas e galhos	Paineira	SAC	100	43,57
11 – folhas e galhos	Paineira	SAI	100	51,39
12 – folhas	Aroeira	SAI	50	67,35
13 – galhos	Aroeira	SAI	50	57,37
14 – folhas e galhos	Paineira	SAI	50	44,97
15 – folhas e galhos	Paineira	SAC	50	42,64
16 – galhos	Aroeira	SAC	50	56,14
17 – folhas	Aroeira	SAC	50	69,40
18 – folhas e galhos	Paineira	CONTROLE	0	47,27
19 – folhas	Aroeira	CONTROLE	0	66,55
20 – galhos	Aroeira	CONTROLE	0	62,62

Fonte: Autor, 2021

- **Cálculo da concentração da atividade nas espécies do experimento no campo site da INB:**

Os cálculos de concentração de atividade das espécies da tabela 105, Aroeira Vermelha e Paineira Rosa, foram determinados conforme a metodologia do item 3.5.3 o mesmo usado para o cálculo da concentração de atividade do solo natural do campo site INB.

O tempo de contagem para as amostras da AM1 até AM18 usados para as análises do campo do site da INB foi de 14.400 segundos e a área do BG 66,7 e para as amostras de AM19 e AM20, o tempo de contagem foi de 43200 segundos e o BG 153. O cálculo foi realizado conforme o item 3.5.3 da metodologia:
No anexo 15 tem os resultados com os valores das análises radiológicas realizadas no LAASC, usados para realizar os cálculos de concentração de atividades das espécies do experimento do campo do site INB e valores de isenção da norma CNEN, todos demontrados na Tabela 105.

Tabela 105- Concentração de atividade das espécies do experimento do campo do site INB e valores de isenção da norma CNEN.

185,7 keV U-235	Área do pico em 186 keV	Área do BG	Tempo (s)	CR_{187} $\frac{N - BG}{t}$	I γ ^{226}Ra	I γ ^{235}U	ε_{pico}	^{226}Ra (Bq)	Massa (kg)	Conc. de ativid. (Bq/g)	Incer.	Isenção Valores 10000 (Bq)	Isenção Valores 10 (Bq/
Aroeira 12A SAI dose 200% folhas	134	120	14400	0,000972	0,036	0,57	0,0755	1,19	0,05268	0,00199	0,00084	10000	10
Aroeira 20A SAC dose 200% folhas	111	120	14400	-0,00063	0,036	0,57	0,0640	6,90	0,06356	0,00089	0,00087	10000	10
Paineira 40A SAC dose 200% folhas e galhos	163	120	14400	0,000299	0,036	0,57	0,106	3,21	0,01743	0,00616	0,00177	10000	10
Aroeira 12A SAI Dose 200% - galhos	118	120	14400	-0,00014	0,036	0,57	0,0653	-1,27	0,05070	0,00197	0,00101	10000	10
Aroeira 20A SAC dose 200% - galhos	100	120	14400	-0,00139	0,036	0,57	0,0680	4,54	0,02421	0,00217	0,00203	10000	10
Aroeira 7A,8A,9A SAI dose 100% galhos	88	120	14400	X	0,036	0,57	X	X	0,05888	<AMD	X	10000	10
Aroeira 7A,8A,9A SAI dose 100% folhas	68	120	14400	X	0,036	0,57	X	X	0,07091	<AMD	X	10000	10
8- Aroeira 17A,18A, SAC dose 100% folhas	192	120	14400	0,005	0,036	0,57	0,0660	17,56	0,07060	0,00215	0,00085	10000	10
Aroeira 17A,18A, SAC dose 100% galhos	108	120	14400	X	0,036	0,57	X	X	0,05876	<AMD	X	10000	10
Paineira 37P, 38P, 39P SAC dose 100% folhas e galhos	196	120	14400	0,00527	0,036	0,57	0,0672	0,00	0,04357	0,00538	0,00124	10000	10

Continuação da **Tabela 105 - Concentração de atividade das espécies do experimento do campo do site INB e valores de isenção da norma CNEN.**

Paineira 28P, 29P, 30P SAI dose 100% folhas e galhos	227	120	14400	0,00743	0,036	0,57	0,0685	2,98	0,05139	0,00535	0,00113	10000	10
Aroeira 4A, 5A, 6A SAI dose 50% folhas	145	120	14400	0,001736	0,036	0,57	0,0660	0,00	0,06735	0,00214	0,00078	10000	10
Aroeira 4A, 5A, 6A SAI dose 50% galhos	112	120	14400	X	0,036	0,57	X	X	0,05737	<AMD	X	10000	10
Paineira 25P, 26P, 27P SAI dose 50% folhas e galhos	144	120	14400	0,00166	0,036	0,57	0,0672	0,00	0,04497	0,00312	0,00106	10000	10
Paineira 34P, 35P, 36P SAC dose 50% folhas e galhos	187	120	14400	0,00465	0,036	0,57	0,0672	0,00	0,04264	0,00512	0,00122	10000	10
Aroeira 13A, 14A, 15A SAC dose 50% galhos	103	120	14400	X	0,036	0,57	X	X	0,05614	<AMD	X	10000	10
Aroeira 13A, 14A, 15A SAC dose 50% folhas	167	120	14400	0,00326	0,036	0,57	0,0660	4,86	0,06940	0,00236	0,00080	10000	10
Paineira 22P, 23P, 24P controle – folhas e galhos	256	120	14400	0,0094	0,036	0,57	0,0685	6,49	0,04727	0,00670	0,00140	10000	10
Aroeira 1A, 2A, 3A, controle - folhas	402	153	43200	0,00576	0,036	0,57	0,0443	13,00	0,06655	0,00379	0,00153	10000	10
Aroeira 1A, 2A, 3A, controle - galhos	261	153	43200	0,0025	0,036	0,57	0,0443	8,77	0,06262	0,00228	0,00151	10000	10

Fonte: Autor, 2022.

6. RESULTADOS FINAIS OBTIDOS

a) Pelos resultados obtidos o SAC está com um valor de 5000 vezes abaixo do limite de isenção radiológico conforme legislação em vigor;

b) Pelos resultados obtidos o SAI está com um valor em média aproximado de 115 vezes abaixo do limite de isenção radiológico conforme legislação em vigor;

c) Pelos resultados obtidos ambos os materiais Sulfato de Amônio SAI e SAC estão dentro da legislação vigente da CNEN-NN-3.01 PR-001 POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011 e podem ser usados no meio ambiente;

d) Pelos resultados obtidos nas análises de espectrometria gama realizada no LAASC, os valores de radiação gama dos solos arenoso e adubado da casa de vegetação, estão abaixo do AMD;

e) Pelos resultados obtidos nas análises de espectrometria gama realizada no LAASC, os valores de radiação gama da rúcula, do rabanete parte aérea e da raiz do experimento da casa de vegetação, não foi identificado indícios de U-235, estão abaixo do AMD;

f) Pelos resultados nas análises químicas foi constatado que os valores dos SAI e SAC de fontes de fertilizantes dos nutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) são equivalentes estatisticamente, tanto no experimento da casa de vegetação quanto no experimento do campo.

g) Pelos resultados obtidos nas análises de espectrometria gama realizadas no LAASC, o valor de radiação gama nas plantas em suas partes aéreas e raízes ficaram abaixo do AMD, que por sua vez está abaixo dos limites de isenção da norma vigente da CNEN-NN-3.01 PR-001 POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011.

h) Certificado obtido na apresentação modalidade resumo na VIII Reunião Anual de Iniciação Científica (RAIC 2020) e II Reunião Anual de Iniciação em Inovação e Desenvolvimento Tecnológico (RAID Tec 2020) – realizado na UFRRJ em agosto de 2021. (Anexo 14).

7- CONCLUSÕES

a) Com os resultados obtidos concluiu-se, que a concentração de atividade (CA) do urânio em ambos os tipos de fertilizantes, SAI e SAC podem ser usados nas culturas diversas, pois estão com índices abaixo do nível de isenção da legislação vigente CNEN-NN-3.01 PR-001 POSIÇÃO REGULATÓRIA - 3.01/001:2011;

b) Com os resultados obtidos concluiu-se, que o SAI em relação às equivalências química e agrícola está estatisticamente igual ao SAC, e em alguns casos superior;

c) Com os resultados obtidos concluiu-se, que a translocação/adsorção do ^{235}U, solo-planta é desprezível com valores não detectáveis pelo equipamento, ou seja, abaixo do AMD. Dentro dos índices permitidos pela legislação vigente CNEN-NN-3.01 PR-001 POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011, podendo ser usado nos cultivos agricolas;

Neste contexto, conclui-se que, o **Sulfato de Amônio da INB (SAI**) é um produto que se encontra dentro dos parâmetros normais nas características químicas, radiológicas e agrícolas e em conformidade com a **legislação vigente CNEN-NN-3.01 PR-001 POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:201.** Assim sendo poderá ser usado como fertilizante "adubo nitrogenado" nas diversas culturas agrícolas.

8- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste projeto não foi verificado a concentração da atividade do lençol freático no experimento do campo e em outras culturas agrícolas de relevância econômica. Também não fizemos uso do sulfato de amônio em líquido da INB (SAI). Neste contexto, é sugerido um estudo mais aprofundado nestas linhas de pesquisa.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS E O FUTURO, Luís Ignácio Prochnow, Silvia Regina Stipp e Abdalla, INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS Nº 120 – DEZEMBRO/2007.

ALIMENTOS REGIONAIS BRASILEIROS – 2ª EDIÇÃO/2015 – MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em. <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/alimentos_regionais_brasileiros_2ed.pdf> Acesso em: maio 2021.

CNEN-NN-XX - GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS E LICENCIAMENTO DE DEPÓSITOS. Disponível em. http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm802.pdf> Acesso em: 06/05/2021

Dean J. Collamer, Mercedes Gearhart, Fred L. Monesmith, Honeywell; Resins & Chemicals, Hopewell, VA, Estados Unidos; Antonio Pádua Cruz, Eduardo S. Spolidorio, Sulfato de Amônio. Piracicaba SP: IPNI-Brasil, 2007.

ECYCLE SUA PEGADA MAIS LEVE Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/5918-o-que-e-coprocessamento-e-quais-as-vantagens-ambientais-que-ele-pode-oferecer-.html>

Estatística experimental Dr. Sérgio do N. Kronka

FILGUEIRAS, R.A. Padrões de concentrações, mapeamento e Estimativa de Dose de Radionuclídeos Naturais em Solos do Estado de Alagoas e Distribuição da Concentração de ^{137} CS. Disponível em: <http://www.con.ufrj.br/wp-content/uploads/2019/04/Tese-Rog%C3%A9rio-Filgueiras.pdf>

FRANCO, J.A.M. & SARAIVA NETO, A. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimentos de matéria-prima. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. & VITTI, G.C., eds. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, IPNI, 2007. p.73-107.

Geraldine Marques Maiochi, Guia de espécies, 2010. Disponível em <https://apremavi.org.br/paineira-rosa-uma-beleza-singular/> acesso em: 06/05/2021

Google Earth Disponível em <https://earth.google.com/web/search/Resende,+RJ/@-22.5096536,-44.63872849,469.12146232a,618.02855459d,30.00000243y,-0h,0t,0r/data=CigiJgokCRx7R5ts-gZAEX-lsbsvA0LAGbQ9CbIZ_TJAIZ_fhMiDh1vAMicKJQojCiExLTl1U0tGSFkzWFl0QkJXVnJOWFVLT25KS2h6THM0Ykc> Acesso em: 06/05/2021.

HIROMOTO, Goro ET al. Introdução à gerência de rejeitos radioativos. São Paulo:

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Departamento de Rejeitos Radioativos, 1999.

INFO ESCOLA NAVEGANDO E APRENDENDO, Marina Martinez. Disponível em. <https://www.infoescola.com/plantas/rabanete/> acesso em: maio de 2021

MACHADO, Leonardo de oliveira. Adubação Nitrogenada. 2002. Acesso em: Set. 2018.

PETROBRAS – SULFATO DE AMÔNIO FERTILIZANTES Disponível em: http://www.petrobras.gov.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/nitrogenados/sulfato-de-amonio-fertilizante/

QUÍMICA- Disponível em: https://www.quimica.com.br/sulfato-de-amonio-nova-tecnologia-cria-oportunidades-para-producao/2/

Química e Derivados dezembro de2018. Disponível em <https://www.quimica.com.br/sulfato-de-amonio-nova-tecnologia-cria-oportunidades-para-producao/>

Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas - de C Bredemeier.; MUNDSTOCH, CM, 2000.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Boletim técnico n. 5, 2ª edição, Departamento de Solos, UFRGS, Porto Alegre, 174p. 1995.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574

TERA AMBIENTAL: Tratamento de Efluentes e Compostagem Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/chorume-de-aterro-sanitario-por-que-o-tratamento-deve-ser-uma-prioridade...home>blog...artigos... Publicado em 13-05-2014

TERRA DA GENTE G1 GLOBO. Disponível em <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/flora/noticia/2015/01/aroeira-vermelha.html> acesso em**: 06/05/2021.**

10. ANEXOS

Anexo 1 – Nota fiscal do Sulfato de Amônio Comercial (SAC)

Favor Retornar o Canhoto Assinado Com Nome Legível.

RECEBEMOS DE 3 - COOPERATIVA AGROPECUARIA DE BARRA MANSA OS PRODUTOS CONSTANTES NA NF-E ABAIXO NO VALOR DE R$ 91,70, EMITIDA EM 01/02/2021.

DATA DO RECEBIMENTO | IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBEDOR (EVERALDO ZONTA CNPQ)

NF-e Nº 6768 SÉRIE 2

3 - COOPERATIVA AGROPECUARIA DE BARRA MANSA DANFE

ETR PRESIDENTE GETULIO VARGAS, 300
SANTA CLARA
BARRA MANSA (RJ)
Fone:02433234600 Cep:27343-192

Documento Auxiliar Nota Fiscal Eletrônic
0-Entrada 1-Saida [1]
Nº: 6768 Folha SÉRIE: 2 1 /1

NATUREZA DA OPERAÇÃO		CHAVE DE ACESSO
Venda de Mercadorias (5102)		3321 0228 6729 9600 0362 5500 2000 0067 6810 0120 1316

INSCRIÇÃO ESTADUAL	INSC. ESTADUAL SUBST. TRIBUTÁRIO	CNPJ	NÚMERO DO PROTOCOLO	DATA/HORA RECEBIDO PELO SEFAZ
80531893		28.672.996/0003-62	333210017101453	01/02/2021 11:13:44

DESTINATÁRIO/REMETENTE

NOME/RAZÃO SOCIAL		CNPJ/CPF	DATA EMISSÃO
EVERALDO ZONTA CNPQ (12182, 0)		585.444.029-68	01/02/2021
ENDEREÇO	**BAIRRO/DISTRITO**	**CEP**	**DATA ENTRADA/SAÍDA**
BR 4 65 KM7 UFFRJ, 07	CAMPUS DA UFRRJ	23897-000	01/02/2021
MUNICÍPIO	**FONE/FAX** / **UF** / **INSCRIÇÃO ESTADUAL**		**HORA ENTRADA/SAÍDA**
SEROPEDICA	21-26814780 / RJ		11:12:08

CÁLCULO DO IMPOSTO

BASE CÁLCULO ICMS	VALOR DO ICMS	BASE CÁLCULO ICMS ST	VALOR ICMS ST	TOTAL APROX. DOS TRIBUTOS	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS
0,00	0,00	0,00	0,00	3,85	91,70
VALOR DO FRETE	**VALOR DO SEGURO**	**DESCONTO**	**OUTRAS DESPESAS**	**VALOR IPI**	**VALOR TOTAL DA NOTA**
0,00	0,00	0,00	18,34	0,00	91,70

TRANSPORTADOR/VOLUMES TRANSPORTADOS

RAZÃO SOCIAL	FRETE POR CONTA	CÓDIGO ANTT	PLACA VEÍCULO	UF	CNPJ/CPF
(0)	9 - Sem Frete				
ENDEREÇO	**MUNICÍPIO**			**UF**	**INSCRIÇÃO ESTADUAL**

QUANTIDADE	ESPÉCIE	MARCA	NÚMERO	PESO BRUTO	PESO LÍQUIDO
1			S/N	0,00	0,00

DADOS DO(s) PRODUTO(s) / SERVIÇO(s)

COD	DESCRIÇÃO DO PRODUTO / SERVIÇO	NCM	CST	CFOP	UND	QUANTIDADE	VLR. UNIT.	VALOR TOTAL	BC. ICMS	VLR. ICMS	VLR. IPI	TOT. TRIB.	ALQ ICMS/IPI
146	ADUBO SULFATO DE AMONIO 50KG	31022100	040	5102	SC	1,000	91,7000	91,70	0,00	0,00	0,00	3,85	0,00 0

DADOS ADICIONAIS

21%N.22%S Reg.MAPA MG05259.10144-4 Lote:0004434361.22%S Total 22%SO4 21%N Total SEM
ESPGRANULOMETRICA Data de validade:Conforme indicado na embaladem.Produto para uso exclusivo na Agricultura - FERTILIZANTE MINERAL SIMPLES
Trib aprox R$:3,85 Federal, R$:0,00 Estadual e R$:0,00 Municipal. Fonte: IBPT/FECOMERCIO D529CB
NR. CONTROLE: 120131 - NR. NOTA: 6768
VENDA A VISTA
VENDEDOR: 12182 EVERALDO ZONTA CNPQ
NOME FANTASIA: EVERALDO ZONTA CNPQ
USUARIO: AMZ-BALCAO
DESCONTO REF.: 20,00% ICMS - VALOR R$: 18,34

RESERVADO AO FISCO

Impresso em 01/02/2021 11:14 pelo SistemaGesCooper® - Infogen Sistemas - Fone: 49.3330.5700 - www.infogen.com.br

Fonte Autor, 2021.

Anexo 2- NORMA CNEN-NN-3.01 - DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO - O objetivo desta Norma é estabelecer os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. E se aplica as práticas, incluindo todas as fontes associadas a essas práticas, bem como as intervenções. As práticas para as quais esta Norma se aplica

incluem:

a) o manuseio, a produção, a posse e a utilização de fontes, bem como o transporte, o armazenamento e a deposição de materiais radioativos, abrangendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver exposição à radiação;

b) aquelas que envolvam exposição a fontes naturais cujo controle seja considerado necessário pela CNEN.

Os requisitos desta Norma se aplicam às exposições ocupacionais, exposições médicas e exposições do público, em situações de exposições normais ou exposições potenciais.

As situações de intervenção às quais esta Norma se aplica são:

a) aquelas decorrentes de situações de emergência, que requeiram uma ação protetora para reduzir ou evitar as exposições à radiação;

b) aquelas decorrentes de situações de exposições crônicas que requeiram uma ação remediadora para reduzi-las ou evitá-las;

c) aquelas decorrentes de exposições a resíduos oriundos de atividades não submetidas ao sistema regulatório da CNEN.

POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/008:2011

Esta Posição Regulatória refere-se ao requisito da Norma CNENNN3.01 "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica" expresso na seção 5.14, no que diz respeito ao Programa de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA).

AVALIAÇÃO DO REQUISITO - A subseção 5.14.1c da Norma CNENNN3.01 dispõem que, "em relação às fontes sob sua responsabilidade, os titulares devem estabelecer, implementar e manter medidas para estimar a exposição do público, incluindo, quando aplicável, programa de monitoração radiológica ambiental".

O item 5.6.2 confere ao titular a responsabilidade "pela monitoração radiológica e medição dos parâmetros necessários para verificar o cumprimento dos requisitos prescritos por esta Norma".

Os itens 5.6.3 e 5.6.4 estabelecem, respectivamente, que "para fins de monitoração e verificação do cumprimento dos requisitos de proteção radiológica, o titular deve dispor de procedimentos e instrumentações suficientes e adequados. A instrumentação deve ser corretamente mantida e, quando aplicável, testada e calibrada em intervalos apropriados, usando-se como referências padrões rastreáveis aos padrões nacionais ou internacionais; e "o titular deve manter registros dos resultados das monitorações e da verificação do cumprimento dos requisitos pertinentes, incluindo os registros de testes e calibrações".

As responsabilidades e ações, expressas nos requisitos transcritos acima, se aplicam a

todas as monitorações radiológicas conduzidas com o objetivo de verificar o cumprimento da Norma CNENNN3.01, incluindo a monitoração ambiental.

POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/009:2011 MODELO PARA A ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS DE PROGRAMA DE MONITORAÇÃO RADIOLÓGICA AMBIENTAL –

Esta Posição Regulatória refere-se ao requisito da Norma CNENNN3.01 "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica", expresso nas seções 5.14.1(c) e 5.14.4(e) e à sua aplicação em relação à emissão de relatórios de Programas de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA) para submeter à avaliação da CNEN.

AVALIAÇÃO DO REQUISITO - O Capítulo 5 da Norma CNENNN3.01 estabelecem os "Requisitos para Práticas".

Na subseção 5.14.1(c) é requerido que: "Em relação às fontes sob sua responsabilidade, os titulares devem estabelecer, implementar e manter medidas para estimar a exposição do público, incluindo, quando aplicável, programa de monitoração radiológica ambiental.

O item 5.14.4(e) estabelece que "os titulares, em relação às fontes sob sua responsabilidade, devem registrar e manter os resultados dessas monitorações, incluindo as estimativas de dose e emitir os relatórios de monitoração conforme estabelecido pela CNEN".

RELATÓRIO DE ROTINA

Os relatórios periódicos do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental devem apresentar:

Um resumo de todos os dados ambientais coletados no período a que se referem; A interpretação extensiva do significado desses dados; e a avaliação estatística dos resultados. Deve incluir uma comparação com os resultados da etapa pré-operacional, com os controles operacionais estabelecidos e com os resultados apresentados nos relatórios anteriores. Os relatórios de rotina devem ser submetidos à CNEN de acordo com os prazos por ela estabelecidos.

POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/001:2011 - CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO, ISENÇÃO E DISPENSA DE REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.

Esta Posição Regulatória refere-se aos requisitos da Norma CNEN-NN-3.01 "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica" expressos nas subseções 1.2.5, 5.3.6 e 5.3.7,

relacionados, respectivamente, aos critérios de exclusão, isenção e dispensa da aplicação de requisitos de proteção radiológica.

AVALIAÇÃO DO REQUISITO

Os critérios de exclusão, isenção e dispensa contidos, respectivamente, nas subseções 1.2.5, 5.3.6 e 5.3.7 da Norma CNEN-NN-3.01. "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica" devem ser estabelecidos pela CNEN.

EXCLUSÃO - A exclusão se aplica a quaisquer exposições cuja intensidade ou probabilidade de ocorrência não possa ser reduzida por ações de proteção radiológica, ou naqueles casos que a CNEN vier a considerar excluídos do seu controle.

Considera-se, desde já, exposições excluídas aquelas devidas à presença de K40 no corpo, à radiação cósmica na superfície da terra ou às concentrações não alteradas de radionuclídeos naturais existentes em praticamente todos os materiais ou matérias primas.

ISENÇÃO - A isenção se aplica a práticas e fontes associadas a práticas que, em função dos baixos níveis de radiação envolvidos, atendam aos critérios de isenção e/ou níveis de isenção estabelecidos nesta Posição Regulatória.

A isenção não se aplica a práticas que não sejam justificadas.

Os princípios gerais para a isenção são:

a) o risco individual associado à radiação em função de práticas ou fontes isentas é irrelevante (deve ser suficientemente baixo de forma a estar relacionado a danos radiológicos irrelevantes) ;

b) o impacto radiológico coletivo das práticas e fontes isenta deve ser suficientemente baixo de forma a não necessitar o cumprimento de requisitos de proteção radiológica, nas circunstâncias existentes; E

c) as práticas e fontes isentas devem ser inerentemente seguras, com probabilidade irrelevante de cenários que levem a uma não conformidade com os princípios (a) e (b).

Práticas ou fontes associadas a práticas podem ser isentas quando se enquadrarem nos seguintes critérios, em todas as situações razoáveis previstas:

a) a dose efetiva esperada, a ser recebida por qualquer indivíduo do público devido àquela prática ou fonte, seja inferior ou da ordem de 10 mSv em qualquer período de um ano; e

b) a dose efetiva coletiva em qualquer ano de condução da prática não seja superior a 1 pessoa. Sv, a menos que uma avaliação de otimização da proteção radiológica ou da relevância social demonstre que a isenção é a solução ótima para aquela prática.

Fontes de radiação estarão isentas da aplicação de requisitos de proteção radiológica

quando atenderem aos seguintes critérios específicos:

a) materiais radioativos: quando a atividade total de um dado radionuclídeo presente a qualquer momento ou a concentração de atividade usada não exceda os níveis de isenção apresentados na Tabela 1 desta Posição Regulatória;

b) geradores de radiação:

i) quando, em condições de operação normal, não causem uma taxa de equivalente de dose ambiente ou equivalente de dose direcional, conforme apropriado, maior do que 1,0 mSv/h a uma distância de 0,1m de qualquer superfície acessível do aparelho; ou

ii) a energia máxima da radiação produzida seja inferior a 5 keV.

A isenção de qualquer fonte ou prática deve ser sempre sujeita à aprovação pela CNEN, e depende, também, de condições específicas de controle, uso ou deposição, levando em conta as propriedades físicas e químicas do material radioativo. CNEN (2019).

Tabela 01 – NÍVEIS DE ISENÇÃO: ATIVIDADES E CONCENTRAÇÕES DE ATIVIDADES ISENTAS

Nuclídeos	Concentração de Atividade (Bq/g)	Atividade (Bq)
H-3	IE+06	IE+09
Be- 7	IE+03	IE+07
U-235	IE+01	IE+04

Fonte: CNEN, 2011.

A isenção de grandes quantidades de material (superior a uma tonelada) com valores de concentração de atividade inferiores àqueles apresentados na Tabela 01 Pode necessitar maiores considerações por parte da CNEN, exceto quando a exposição for excluída.

Anexo 3 – Ficha catalográfica das espécies do experimento do campo site INB.

- **AROEIRA VERMELHA**

Nome científico: Schinus Terebinthifolius, Família: Anacardiaceae, Classificação ecológica: Pioneira; **Características Morfológicas:** Árvore encorpada, de copa densa e bem distribuída, a aroeira-vermelha tem altura entre cinco e dez metros, com troncos revestidos de casca grossa. A largura média fica entre 30 e 60 centímetros de diâmetro. As flores são miudinhas e os frutos, vermelhos. **Originária do** Brasil com o**corrência natural de** Pernambuco até o Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, em vários tipos de formações vegetais. Também é encontrada no Uruguai, Argentina e Paraguai. Árvore de mil e uma

utilidades (do chá para gargarejos contra infecção de garganta à cura de feridas no colo do útero, sem falar de suas aplicações gastronômicas), a aroeira-vermelha é conhecida também como pimenta-rosa (aliás, conquistou chefs europeus por isso) e muitos outros nomes populares (aroeira-mansa, aroeira do brejo, aroeira-negra, fruto da raposa, fruto de sabiá, Cambuí, bálsamo e coração-de-bugre).

Apesar de seus benefícios inegáveis, sobretudo quanto às suas potencialidades medicinais, ela é proibida nos Estados Unidos até hoje. É considerada invasora nos banhados da Flórida. Tudo porque se adapta muito bem em qualquer solo, de seco e pedregoso a dunas e banhados. Não é só isso. Tem várias aplicações no campo (fornece madeira para mourões, lenha e carvão) e na cidade (em arborizações urbanas de praças e ruas, já que é frondosa, oferece muita sombra e, de quebra, embeleza o ambiente com suas flores de tons rosa para vermelho). Seus frutos, que às vezes ficam 30 dias sem cair, é terreno fértil para várias espécies de aves, principalmente os sanhaços. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/flora/noticia/2015/01/aroeira-vermelha.html>. Acesso em: 15 de maio 2021.

- **PAINEIRA ROSA**

Nome científico: Chorisia Speciosa A.St-Hll, Família: Bombocaceae, Classificação ecológica: Secundária Inicial. **Características morfológicas -** A Paineira-rosa, como é conhecida, ocorre naturalmente nos estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Distrito Federal. Ela chega a medir até 20 metros de altura, tem o tronco cinzento-esverdeado com estrias. O tronco das paineiras tem boa capacidade de sintetizar clorofila, isto auxilia o crescimento mesmo quando a árvore está despida de folhas. Os frutos são cápsulas verdes, e quando maduras arrebentam expondo as sementes envoltas em fibras finas e brancas que auxiliam na flutuação.

Por terem crescimento rápido são bastante populares na recuperação de áreas degradadas. A Paineira-Rosa é uma planta excelente para o paisagismo de grandes áreas, como parques e jardins públicos, devido ao seu rápido crescimento e beleza. A floração é intensa e ocorre no verão e outono com a árvore semi ou completamente despida de sua folhagem.

É uma árvore tropical, mas tolera o frio desde que não seja muito intenso. Deve ser cultivada em solos férteis irrigados a intervalos regulares, sempre sob sol pleno. Multiplica-se facilmente por sementes, que germinam e se desenvolvem rapidamente.

Pode se multiplicar por estacas, embora mais raramente, sendo este método empregado em regiões muito frias.

MAIOCHI, Geraldine Marques. Guia de espécies. Disponível em: <https://apremavi.org.br/paineira-rosa-uma-beleza-singular/>. Acesso em: 15 de Maio de 2021.

Anexo 4 – Resultados das ANOVAS das plantas de rúcula no experimento da casa de vegetação

Rúcula –Ricardo Dias -04-06-2022

Carregando os pacotes e importando os dados

```
gc(); rm(list=ls(all=TRUE))

##          used (Mb) gc trigger (Mb) max used (Mb)
## Ncells 444399 23.8     947855 50.7   643711 34.4
## Vcells 791550  6.1    8388608 64.0  1648573 12.6pacman::p_load(ExpDes.pt, readxl)

dados<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\rucula.xlsx",sheet =
"dados")
dadosAd<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\rucula.xlsx",sheet =
"adicional")
attach(dados)
attach(dadosAd)
```

ANOVA e teste de Tukey (Delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial duplo com um tratamento adicional, p<0.05). pH do solo.

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  pH, pHad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

```
 Legenda:
 FATOR 1:  Fertilizante
 FATOR 2:  Dose
 ------------------------------------------------------------------------


------------------------------------------------------------------------
Quadro da analise de variancia
------------------------------------------------------------------------
                  GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1 0.04205 0.04205 0.9316 0.3508
Dose               2 0.06948 0.03474 0.7696 0.4818
Fertilizante*Dose  2 0.05003 0.02502 0.5542 0.5866
Ad vs Fatorial     1 0.20562 0.20562 4.5554  0.051
Residuo           14 0.63193 0.04514
Total             20 0.99911
------------------------------------------------------------------------
CV = 4.5 %

------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  4.861454e-05
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 4.966667
```

```
## Fatorial  4.683889
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 4.635556
## 2    SA Urânio 4.732222
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 4.611667
## 2    200 4.763333
## 3     50 4.676667
## ------------------------------------------------------------------------
```

Fósforo disponível no solo (mg/L).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  P, Pad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1   76.97013  76.97013 0.8185 0.3809
## Dose               2  493.77931 246.88965 2.6253 0.1076
## Fertilizante*Dose  2  125.84935  62.92467 0.6691 0.5278
## Ad vs Fatorial     1   16.31730   16.3173 0.1735 0.6833
## Residuo           14 1316.60911  94.04351
## Total             20 2029.52521
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 15.2 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.6936877
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 61.65465
## Fatorial  64.17370
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 62.10582
## 2    SA Urânio 66.24158
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##   Niveis   Medias
## 1    100 71.58046
## 2    200 60.41392
## 3     50 60.52671
## ------------------------------------------------------------------------
```

Potássio disponível no solo (mg/L).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  K, Kad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1   72.57916  72.57916 1.3624 0.2626
## Dose               2  216.96725 108.48363 2.0364 0.1674
## Fertilizante*Dose  2  232.60880  116.3044 2.1832 0.1495
## Ad vs Fatorial     1   23.77549  23.77549 0.4463  0.515
## Residuo           14  745.81752  53.27268
## Total             20 1291.74823
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 31.33 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1030387
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 20.68827
## Fatorial  23.72899
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 21.72097
## 2    SA Urânio 25.73702
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 23.09790
## 2    200 28.26140
## 3     50 19.82768
## ------------------------------------------------------------------------
```

Acidez trocável do solo (Al)(cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  Al, Alad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00269 0.00269  2.5609 0.1319
## Dose               2 0.00021 0.00011  0.1017  0.904
## Fertilizante*Dose  2 0.00221  0.0011  1.0505 0.3758
## Ad vs Fatorial     1 0.01977 0.01977 18.8278  7e-04
## Residuo           14 0.01470 0.00105
## Total             20 0.03958
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 26.35 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1580656
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##               Medias
## Adicional 0.04782858 a
## Fatorial  0.13551432 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis    Medias
## 1 SA Comercial 0.1232915
## 2    SA Urânio 0.1477372
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis    Medias
## 1    100 0.1371086
## 2    200 0.1307315
## 3     50 0.1387029
## ------------------------------------------------------------------------
```

Cálcio trocável no solo (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  Ca, Caad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00772 0.00772  2.6251 0.1275
## Dose               2 0.13011 0.06505 22.1321      0
## Fertilizante*Dose  2 0.02298 0.01149  3.9082 0.0448
## Ad vs Fatorial     1 0.01009 0.01009  3.4338 0.0851
## Residuo           14 0.04115 0.00294
## Total             20 0.21204
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 4.66 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
```

```
## valor-p:  0.3502543
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 1.109973
## Fatorial  1.172624
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Dose                   2 0.13011 0.06505 22.1321      0
## Fertilizante:Dose 50   1 0.02955 0.02955 10.0537 0.0068
## Fertilizante:Dose 100  1 0.00100   0.001    0.34 0.5691
## Fertilizante:Dose 200  1 0.00014 0.00014  0.0478 0.8301
## Ad vs Fatorial         1 0.01009 0.01009  3.4338 0.0851
## Residuo               14 0.04115 0.00294
## Total                 20 0.21204
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Urânio   1.247107
##  b    SA Comercial    1.106747
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 1.287440
## 2    SA Urânio 1.261627
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 1.061573
## 2    SA Urânio 1.071253
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##                                GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante                    1 0.00772 0.00772  2.6251 0.1275
## Dose:Fertilizante SA Comercial  2 0.08571 0.04285 14.5791  4e-04
## Dose:Fertilizante SA Urânio     2 0.06738 0.03369 11.4612 0.0011
## Ad vs Fatorial                  1 0.01009 0.01009  3.4338 0.0851
## Residuo                        14 0.04115 0.00294
## Total                          20 0.21204
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SA Comercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     1.28744
##  b    50      1.106747
##  b    200     1.061573
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SA Urânio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     1.261627
## a     50      1.247107
##  b    200     1.071253
## ------------------------------------------------------------------------
```

Magnésio trocável no solo (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  Mg, Mgad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00325 0.00325 0.2016 0.6603
## Dose               2 0.05069 0.02535 1.5705 0.2425
## Fertilizante*Dose  2 0.11932 0.05966 3.6968 0.0514
## Ad vs Fatorial     1 0.00006   6e-05 0.0037 0.9521
## Residuo           14 0.22595 0.01614
## Total             20 0.39928
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 14.02 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1628007
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##              Medias
## Adicional 0.9018533
## Fatorial  0.9066933
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis    Medias
## 1 SA Comercial 0.8932489
## 2    SA Urânio 0.9201378
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis  Medias
## 1    100 0.95348
## 2    200 0.83248
## 3     50 0.93412
## ------------------------------------------------------------------------
```

Cálcio + Magnésio trocáveis no solo (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  `Ca+Mg`, `Ca+Mgad`, quali = c(TRUE,
T), mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.01691 0.01691 0.6871 0.4211
## Dose               2 0.33047 0.16523 6.7122  0.009
## Fertilizante*Dose  2 0.16495 0.08247 3.3503 0.0647
## Ad vs Fatorial     1 0.01053 0.01053 0.4278 0.5237
## Residuo           14 0.34464 0.02462
## Total             20 0.86750
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 7.59 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1573881
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 2.011827
## Fatorial  2.075822
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 2.045169
## 2    SA Urânio 2.106476
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     2.228013
## ab    50      2.10056
```

```
##  b    200     1.898893
## ------------------------------------------------------------------------
```

Acidez potencial do solo (H+Al) (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  `H+Al`, `H+Alad`, quali = c(TRUE,
T), mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00423 0.00423  0.1027 0.7533
## Dose               2 0.09425 0.04713  1.1438 0.3467
## Fertilizante*Dose  2 0.03217 0.01608  0.3904  0.684
## Ad vs Fatorial     1 0.77801 0.77801 18.8833  7e-04
## Residuo           14 0.57681  0.0412
## Total             20 1.48548
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 7.06 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.8334769
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 2.403375 a
## Fatorial  2.953429 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 2.968762
## 2    SA Urânio 2.938097
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 2.923722
## 2    200 3.053091
## 3     50 2.883475
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa fresca da parte aérea (g/vaso).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  MFPA, MFPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
```

```
## Fertilizante       1  132.73636  132.73636  0.9088 0.3566
## Dose               2 5691.88554 2845.94277 19.4862  1e-04
## Fertilizante*Dose  2   94.45714   47.22857  0.3234  0.729
## Ad vs Fatorial     1  824.01372  824.01372   5.642 0.0324
## Residuo           14 2044.69027   146.0493
## Total             20 8787.78303
## ---------------------------------------------------------------------------
## CV = 15.37 %
##
## ---------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.4004148
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ---------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ---------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 63.27333 a
## Fatorial  81.17444 b
## ---------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ---------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ---------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 83.89000
## 2    SA Urânio 78.45889
## ---------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ---------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      98.25167
## a     100     88.62333
##  b    200     56.64833
## ---------------------------------------------------------------------------
```

Massa seca da parte aérea (g/vaso).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  MSPA, MSPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey", fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ---------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ---------------------------------------------------------------------------
##
## ---------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ---------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ       QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1   0.44180   0.4418    0.19 0.6695
## Dose               2  74.46068 37.23034 16.0154  2e-04
## Fertilizante*Dose  2   3.74503  1.87252  0.8055 0.4665
## Ad vs Fatorial     1   2.26138  2.26138  0.9728 0.3407
## Residuo           14  32.54520  2.32466
## Total             20 113.45410
## ---------------------------------------------------------------------------
## CV = 16.23 %
##
## ---------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.3592973
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ---------------------------------------------------------------------------
##
```

```
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##              Medias
## Adicional 10.200000
## Fatorial   9.262222
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 9.418889
## 2    SA Urânio 9.105556
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      11.73667
##  b    100     9.295
##   c   200     6.755
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio (N) na parte aérea (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  NPA, NPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL          SQ         QM       Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1    14.07862   14.07862   0.2166 0.6488
## Dose               2  6023.44186 3011.72093  46.3412      0
## Fertilizante*Dose  2   246.58282  123.29141   1.8971 0.1866
## Ad vs Fatorial     1  7139.10844 7139.10844 109.8491      0
## Residuo           14   909.86208   64.99015
## Total             20 14333.07381
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 11.96 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.3448977
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##            Medias
## Adicional 22.2308 a
## Fatorial  74.9216 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 74.03721
## 2    SA Urânio 75.80599
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     94.58814
##  b    100     79.64421
##   c   50      50.53244
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de fósforo (P) na parte aérea (g/kg)..

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  PPA, PPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.60550  0.6055 11.1851 0.0048
## Dose               2 0.05915 0.02957  0.5463  0.591
## Fertilizante*Dose  2 0.04272 0.02136  0.3946 0.6812
## Ad vs Fatorial     1 0.01458 0.01458  0.2694 0.6118
## Residuo           14 0.75788 0.05413
## Total             20 1.47983
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 8.72 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.05167272
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 2.731882
## Fatorial  2.656573
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Comercial    2.839981
##  b    SA Urânio   2.473164
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 2.593429
## 2    200 2.644117
## 3     50 2.732172
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio (K) na parte aérea (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  KPA, KPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                    GL         SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante        1    0.00000         0      0 0.9998
## Dose                2  382.48616 191.24308 5.3503 0.0188
## Fertilizante*Dose   2    9.49181   4.74591 0.1328 0.8768
## Ad vs Fatorial      1  279.36031 279.36031 7.8155 0.0143
## Residuo            14  500.41943  35.74425
## Total              20 1171.75771
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 18.12 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.5937995
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##              Medias
## Adicional 24.05776 a
## Fatorial  34.48082 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 34.48040
## 2    SA Urânio 34.48125
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     38.37489
## a     200     37.06159
##  b    50      28.00598
## ------------------------------------------------------------------------
```

RÚCULA ACUMULADO NITROGÊNIO

```
------------------------------------------------------------------
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
------------------------------------------------------------------

Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                   DF       SS       MS       Fc  Pr>Fc
Fertilizante        1 0.00303 0.00303  0.3819 0.5465
Dose                2 0.07138 0.03569  4.5019 0.0309
Fertilizante*Dose   2 0.00281  0.0014  0.1772 0.8395
```

```
Ad vs Factorial    1 0.45910  0.4591 57.9072      0
Residuals         14 0.11099 0.00793
Total             20 0.64731
------------------------------------------------------------------
CV = 339.46 %

------------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.4658718
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
               Means
Additional 0.2270000 a
Factorial  0.6495378 b
------------------------------------------------------------------

No significant interaction: analyzing the simple effect
------------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
        Levels     Means
1 SA Comercial 0.6625072
2    SA Urânio 0.6365685
------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------

Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.6320      0.0445     14.1962    0
b1  0.0002      0.0003     0.4466  0.6620
-----------------------------------------

R2 of linear model
0.022147
Analysis of Variance of linear model
=========================================
              DF   SS     MS   Fc  p.value
-----------------------------------------
Linear Effect 1  0.0016 0.0016 0.2 0.66203
Lack of fit   1  0.0698 0.0698 8.8 0.01019
Residuals     14 0.1110 0.0079
-----------------------------------------
------------------------------------------------------------------

Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.2957      0.1218     2.4283  0.0292
```

```
b1  0.0071      0.0024     3.0006  0.0095
b2 -0.00003    0.00001     -2.9673 0.0102
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
=============================================
                  DF   SS     MS   Fc  p.value
---------------------------------------------
Linear Effect     1  0.0016 0.0016 0.2 0.66203
Quadratic Effect  1  0.0698 0.0698 8.8 0.01019
Lack of fit       0    0      0     0     1
Residuals         14 0.1110 0.0079
---------------------------------------------
```

RÚCULA ACUMULADO FÓSFORO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-----------------------------------------------------------------

Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                   DF      SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante        1 0.00009   9e-05     4.2 0.0596
Dose                2 0.00058 0.00029 13.4976  5e-04
Fertilizante*Dose   2 0.00001       0  0.2129 0.8108
Ad vs Factorial     1 0.00002   2e-05  1.0773 0.3169
Residuals          14 0.00030   2e-05
Total              20 0.00101
-----------------------------------------------------------------
CV = 7971.01 %

-----------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.2304791
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
-----------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
-----------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
                Means
Additional 0.02766667
Factorial  0.02466164
-----------------------------------------------------------------

No significant interaction: analyzing the simple effect
-----------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
```

```
equal.
-------------------------------------------------------------------
        Levels      Means
1 SA Comercial 0.02690431
2    SA Urânio 0.02241897
-------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
-------------------------------------------------------------------

Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.0349      0.0023     15.0873    0
b1 -0.0001     0.00002     -5.0258 0.0002
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.933184
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS      MS     Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  0.0005  0.0005  25.26 0.00019
Lack of fit   1  0.00004 0.00004 1.81  0.20007
Residuals     14 0.0003  0.00002
---------------------------------------------

Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.0430      0.0063     6.7977  0.00001
b1 -0.0003      0.0001     -2.0810 0.0563
b2 0.000001       0        1.3771  0.1901
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                  DF   SS      MS     Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  0.0005  0.0005  25.26 0.00019
Quadratic Effect 1  0.00004 0.00004  1.9  0.19009
Lack of fit      0     0       0      0      1
Residuals        14 0.0003  0.00002
------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------
--
```

RÚCULA ACUMULADO POTÁSSIO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
------------------------------------------------------------------

Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                  DF      SS      MS     Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1 0.00081 0.00081 0.1782 0.6793
Dose               2 0.03842 0.01921 4.2011 0.0372
Fertilizante*Dose  2 0.00366 0.00183 0.4003 0.6775
Ad vs Factorial    1 0.01077 0.01077 2.3554 0.1471
Residuals         14 0.06401 0.00457
Total             20 0.11767
------------------------------------------------------------------------
--
CV = 664.15 %

------------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.8229078
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
               Means
Additional 0.2456667
Factorial  0.3103825
------------------------------------------------------------------

No significant interaction: analyzing the simple effect
------------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
        Levels     Means
1 SA Comercial 0.3171106
2    SA Urânio 0.3036544
------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------

Linear Model
==========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
------------------------------------------
b0  0.3856      0.0338     11.4066    0
b1 -0.0006      0.0003     -2.5241 0.0243
------------------------------------------
```

```
R2 of linear model
--------
0.758197
--------

Analysis of Variance of linear model
=========================================
              DF   SS     MS    Fc  p.value
-----------------------------------------
Linear Effect 1  0.0291 0.0291 6.37 0.02431
Lack of fit   1  0.0093 0.0093 2.03 0.17594
Residuals     14 0.0640 0.0046
-----------------------------------------

Quadratic Model
=======================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
---------------------------------------
b0  0.2630      0.0925     2.8437  0.0130
b1  0.0019      0.0018     1.0500  0.3115
b2 -0.00001    0.00001     -1.4252 0.1760
---------------------------------------



R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
===============================================
                 DF   SS     MS    Fc  p.value
-----------------------------------------------
Linear Effect    1  0.0291 0.0291 6.37 0.02431
Quadratic Effect 1  0.0093 0.0093 2.03 0.17602
Lack of fit      0    0      0     0      1
Residuals        14 0.0640 0.0046
-----------------------------------------------
```

Anexo 05 – Resultados da ANOVAS das plantas de Rabanete no experimento da casa de vegetação.

Rabanete - Ricardo Dias - 04-06-2022-

Carregando os pacotes e importando os dados

```
gc(); rm(list=ls(all=TRUE))##          used (Mb) gc trigger (Mb) max used (Mb)
## Ncells 444538 23.8     948252 50.7   643711 34.4 ## Vcells 791929  6.1    8388608
64.0  1648573 12.6pacman::p_load(ExpDes.pt, readxl)

dados<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\rabanete.xlsx",sheet =
"dados")dadosAd<-
read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\rabanete.xlsx",sheet =
"adicional")attach(dados)attach(dadosAd)
```

ANOVA e teste de Tukey (Delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial duplo com um tratamento adicional, p<0.05).

pH do solo.

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  pH, pHad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM       Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00161 0.00161   0.2403 0.6316
## Dose               2 0.10321 0.05161   7.7243 0.0055
## Fertilizante*Dose  2 0.00268 0.00134   0.2004 0.8207
## Ad vs Fatorial     1 1.07347 1.07347 160.6758      0
## Residuo           14 0.09353 0.00668
## Total             20 1.27450
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 1.76 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.008888832
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 5.190000 a
## Fatorial  4.543889 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 4.534444
## 2    SA Urânio 4.553333
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     4.618333
## a     50      4.573333
##  b    100     4.44
## ------------------------------------------------------------------------
```

Fósforo disponível no solo (mg/L).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  P, Pad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1  13.46023  13.46023 0.4277 0.5237
## Dose               2 155.77228  77.88614 2.4748 0.1201
## Fertilizante*Dose  2 158.82564  79.41282 2.5233 0.1159
## Ad vs Fatorial     1 132.60673 132.60673 4.2136 0.0593
## Residuo           14 440.59994  31.47142
```

```
## Total             20 901.26483
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 11.67 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.805649
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 54.21029
## Fatorial  47.02911
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 46.16436
## 2    SA Urânio 47.89386
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 48.45783
## 2    200 42.93095
## 3     50 49.69855
## ------------------------------------------------------------------------
```

Potássio disponível no solo (mg/L).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  K, Kad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1   5.92483   5.92483  0.2931 0.5967
## Dose               2 310.34256 155.17128  7.6771 0.0056
## Fertilizante*Dose  2   4.38437   2.19219  0.1085  0.898
## Ad vs Fatorial     1 238.88912 238.88912 11.8191  0.004
## Residuo           14 282.96985  20.21213
## Total             20 842.51074
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 42 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.05366484
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##              Medias
## Adicional 18.967100 a
```

```
## Fatorial   9.328567 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 8.754844
## 2    SA Urânio 9.902289
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     15.00842
##  b    100     7.779517
##  b    50      5.197767
## ------------------------------------------------------------------------
```

Acidez trocável do solo (Al)(cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  Al, Alad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00025 0.00025  0.3811 0.5469
## Dose               2 0.00721  0.0036  5.5144 0.0171
## Fertilizante*Dose  2 0.00825 0.00412  6.3078 0.0111
## Ad vs Fatorial     1 0.03172 0.03172 48.5344      0
## Residuo           14 0.00915 0.00065
## Total             20 0.05657
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 17.48 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.7987122
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##               Medias
## Adicional 0.05101715 a
## Fatorial  0.16208575 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Dose                   2 0.00721  0.0036  5.5144 0.0171
## Fertilizante:Dose 50   1 0.00024 0.00024  0.3733  0.551
```

```
## Fertilizante:Dose 100  1 0.00153 0.00153  2.3333 0.1489
## Fertilizante:Dose 200  1 0.00673 0.00673   10.29 0.0063
## Ad vs Fatorial         1 0.03172 0.03172 48.5344      0
## Residuo               14 0.00915 0.00065
## Total                 20 0.05657
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis    Medias
## 1 SA Comercial 0.1402972
## 2    SA Urânio 0.1275429
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis    Medias
## 1 SA Comercial 0.1945029
## 2    SA Urânio 0.1626172
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Urânio   0.2072572
##  b    SA Comercial    0.1402972
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                                GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante                    1 0.00025 0.00025  0.3811 0.5469
## Dose:Fertilizante SA Comercial  2 0.00588 0.00294  4.4956  0.031
## Dose:Fertilizante SA Urânio     2 0.00958 0.00479  7.3267 0.0066
## Ad vs Fatorial                  1 0.03172 0.03172 48.5344      0
## Residuo                        14 0.00915 0.00065
## Total                          20 0.05657
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SA Comercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     0.1945029
## a     200     0.1402972
## a     50      0.1402972
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SA Urânio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     0.2072572
## ab    100     0.1626172
##  b    50      0.1275429
## ------------------------------------------------------------------------
```

Cálcio trocável no solo (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  Ca, Caad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.13831 0.13831 14.4374  0.002
## Dose               2 0.01444 0.00722  0.7537 0.4888
## Fertilizante*Dose  2 0.05473 0.02737  2.8566 0.0911
## Ad vs Fatorial     1 0.02770  0.0277  2.8916 0.1111
## Residuo           14 0.13412 0.00958
## Total             20 0.36930
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 7.95 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.2352713
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 1.319707
## Fatorial  1.215916
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Urânio   1.303573
##  b    SA Comercial    1.128258
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 1.224520
## 2    200 1.177733
## 3     50 1.245493
## ------------------------------------------------------------------------
```

Magnésio trocável no solo (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  Mg, Mgad, quali = c(TRUE, T), mcomp
= "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##
## -------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## -------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.08798 0.08798 5.4496  0.035
## Dose               2 0.02475 0.01237 0.7665 0.4832
## Fertilizante*Dose  2 0.00969 0.00485 0.3002 0.7453
## Ad vs Fatorial     1 0.06604 0.06604 4.0908 0.0627
## Residuo           14 0.22601 0.01614
## Total             20 0.41447
## -------------------------------------------------------------------------
## CV = 13.86 %
##
## -------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1652615
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## -------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## -------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##              Medias
## Adicional 0.7792400
## Fatorial  0.9394978
## -------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## -------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## -------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Comercial    1.009409
##  b    SA Urânio   0.8695867
## -------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## -------------------------------------------------------------------------
##   Niveis    Medias
## 1    100 0.9873600
## 2    200 0.8970133
## 3     50 0.9341200
## -------------------------------------------------------------------------
```

Cálcio + Magnésio trocáveis no solo (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  `Ca+Mg`, `Ca+Mgad`, quali = c(TRUE,
T), mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## -------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## -------------------------------------------------------------------------
##
## -------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## -------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00567 0.00567 0.1831 0.6752
## Dose               2 0.06169 0.03084 0.9963  0.394
## Fertilizante*Dose  2 0.10691 0.05346 1.7268 0.2137
## Ad vs Fatorial     1 0.00820  0.0082 0.2648 0.6148
## Residuo           14 0.43340 0.03096
## Total             20 0.61587
## -------------------------------------------------------------------------
## CV = 8.19 %
##
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.04807519
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 2.098947
## Fatorial  2.155413
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 2.137667
## 2    SA Urânio 2.173160
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 2.211880
## 2    200 2.074747
## 3     50 2.179613
## ------------------------------------------------------------------------
```

Acidez potencial do solo (H+Al) (cmolc/dm3).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  `H+Al`, `H+Alad`, quali = c(TRUE,
T), mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.00372 0.00372  0.0634 0.8048
## Dose               2 0.16850 0.08425  1.4367 0.2707
## Fertilizante*Dose  2 0.08698 0.04349  0.7416 0.4942
## Ad vs Fatorial     1 0.72736 0.72736 12.4034 0.0034
## Residuo           14 0.82099 0.05864
## Total             20 1.80755
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 8.17 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.01382304
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 2.506869 a
## Fatorial  3.038716 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 3.024342
## 2    SA Urânio 3.053091
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 3.124962
## 2    200 2.903598
## 3     50 3.087589
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa fresca da parte aérea (g/vaso).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  MFPA, MFPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1   35.16809   35.16809  0.8173 0.3813
## Dose               2  246.61721  123.30861  2.8656 0.0905
## Fertilizante*Dose  2   70.63514   35.31757  0.8207 0.4602
## Ad vs Fatorial     1 1034.17905 1034.17905 24.0332  2e-04
## Residuo           14  602.43800   43.03129
## Total             20 1989.03750
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 8.88 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.07097354
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 56.72000 a
## Fatorial  76.77444 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 75.37667
## 2    SA Urânio 78.17222
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 79.34833
## 2    200 71.54000
## 3     50 79.43500
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa fresca das raízes (g/vaso).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  MFR, MFRad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1    0.02645    0.02645   1e-04 0.9905
## Dose               2 5928.19543 2964.09772 16.3867  2e-04
## Fertilizante*Dose  2   43.72503   21.86252  0.1209 0.8871
## Ad vs Fatorial     1 1486.29018 1486.29018  8.2168 0.0124
## Residuo           14 2532.38740  180.88481
## Total             20 9990.62450
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 14.56 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.2059116
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 71.74667 a
## Fatorial  95.78833 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 95.75000
## 2    SA Urânio 95.82667
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      117.72
##  b    100     96.36667
##   c   200     73.27833
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa seca da parte aérea (g/vaso).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  MSPA, MSPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey", fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL       SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1  2.61442 2.61442 2.5253 0.1344
## Dose               2  5.07734 2.53867 2.4521 0.1222
## Fertilizante*Dose  2  2.06368 1.03184 0.9967 0.3938
## Ad vs Fatorial     1  0.69235 0.69235 0.6687 0.4272
## Residuo           14 14.49413  1.0353
## Total             20 24.94192
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 13.72 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.6539099
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 6.970000
## Fatorial  7.488889
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 7.107778
## 2    SA Urânio 7.870000
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 7.371667
## 2    200 6.905000
## 3     50 8.190000
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa seca das raízes (g/vaso).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  MSR, MSRad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL       SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1  1.98669 1.98669 1.1067 0.3106
## Dose               2 18.72308 9.36154 5.2149 0.0203
## Fertilizante*Dose  2  1.53121 0.76561 0.4265  0.661
## Ad vs Fatorial     1  4.18382 4.18382 2.3306 0.1491
## Residuo           14 25.13227 1.79516
## Total             20 51.55707
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 20.6 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.7229086
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 7.596667
```

```
## Fatorial  6.321111
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 6.653333
## 2    SA Urânio 5.988889
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      7.746667
## ab    100     5.798333
##  b    200     5.418333
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio (N) na parte aérea (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  NPA, NPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL          SQ         QM       Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1    10.63854   10.63854   0.3201 0.5805
## Dose               2  3865.22509 1932.61255  58.1565      0
## Fertilizante*Dose  2    15.58640    7.7932   0.2345  0.794
## Ad vs Fatorial     1  6964.20501 6964.20501 209.5679      0
## Residuo           14   465.23764   33.23126
## Total             20 11320.89268
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 8.62 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.2411071
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 22.25059 a
## Fatorial  74.29194 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 73.52316
## 2    SA Urânio 75.06073
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
```

```
## a     100     85.2801
## a     200     84.01454
##  b    50      53.58118
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio (N) nas raízes (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  NRaiz, Nraizad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1   31.32803   31.32803  0.5574 0.4677
## Dose               2 2279.93259 1139.9663  20.281  1e-04
## Fertilizante*Dose  2  302.67374  151.33687  2.6924 0.1025
## Ad vs Fatorial     1 3944.26464 3944.26464 70.1719      0
## Residuo           14  786.92070   56.20862
## Total             20 7345.11970
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 13.05 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.6292211
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 23.90190 a
## Fatorial  63.06669 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 61.74743
## 2    SA Urânio 64.38595
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     75.20707
## a     100     65.91013
##  b    50      48.08287
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de fósforo (P) na parte aérea (g/kg)..

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  PPA, PPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.58367 0.58367 1.3128 0.2711
## Dose               2 0.90675 0.45337 1.0197  0.386
## Fertilizante*Dose  2 1.03289 0.51645 1.1616 0.3414
## Ad vs Fatorial     1 0.09541 0.09541 0.2146 0.6503
## Residuo           14 6.22436  0.4446
## Total             20 8.84308
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 23.02 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  5.676448e-07
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 3.061349
## Fatorial  2.868730
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 2.688657
## 2    SA Urânio 3.048803
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 2.552422
## 2    200 3.003988
## 3     50 3.049780
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de P nas raízes (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  PRaiz, Praizad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",
                   fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 0.43707 0.43707 25.923  2e-04
## Dose               2 0.02638 0.01319 0.7822 0.4764
## Fertilizante*Dose  2 0.07600   0.038 2.2539 0.1417
## Ad vs Fatorial     1 0.04599 0.04599  2.728 0.1208
## Residuo           14 0.23604 0.01686
## Total             20 0.82148
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 4.6 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
```

```
## valor-p:  0.07863906
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 2.937588
## Fatorial  2.803847
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Comercial    2.959672
##  b    SA Urânio   2.648022
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 2.845612
## 2    200 2.753135
## 3     50 2.812794
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio (K) na parte aérea (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  KPA, KPAad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ       QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1  26.73599 26.73599 0.8307 0.3775
## Dose               2  51.54154 25.77077 0.8007 0.4685
## Fertilizante*Dose  2   0.36708  0.18354 0.0057 0.9943
## Ad vs Fatorial     1  35.20523 35.20523 1.0939 0.3133
## Residuo           14 450.58455 32.18461
## Total             20 564.43439
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 22.01 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.468521
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 28.95059
## Fatorial  25.25047
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##         Niveis   Medias
## 1 SA Comercial 24.03172
## 2    SA Urânio 26.46921
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 22.99114
## 2    200 27.06329
## 3     50 25.69698
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio (K) nas raízes (g/kg).

```
anova<-fat2.ad.dic(Fertilizante, Dose, Repeticao,  KRaiz, Kraizad, quali = c(TRUE, T),
mcomp = "tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Fertilizante       1 104.24853 104.24853 4.8034 0.0458
## Dose               2  36.75194  18.37597 0.8467 0.4497
## Fertilizante*Dose  2  50.46161  25.23081 1.1625 0.3411
## Ad vs Fatorial     1   5.50912   5.50912 0.2538 0.6222
## Residuo           14 303.84535  21.70324
## Total             20 500.81655
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 15.8 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.6076998
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 30.73463
## Fatorial  29.27092
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SA Urânio   31.67749
##  b    SA Comercial    26.86435
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 31.29075
## 2    200 28.31462
```

```
## 3     50 28.20739
## ------------------------------------------------------------------------
```

RABANETE NITROGÊNIO ACUMULADO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
------------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                   DF      SS      MS       Fc  Pr>Fc
Fertilizante        1 0.00710  0.0071   0.9339 0.3503
Dose                2 0.14587 0.07293   9.5896 0.0024
Fertilizante*Dose   2 0.00652 0.00326   0.4284 0.6598
Ad vs Factorial     1 0.91792 0.91792 120.6897      0
Residuals          14 0.10648 0.00761
Total              20 1.18389
------------------------------------------------------------------
CV = 235.91 %
------------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.7928565
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
               Means
Additional 0.3356667 a
Factorial  0.9331363 b
------------------------------------------------------------------

No significant interaction: analyzing the simple effect
------------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
        Levels     Means
1 SA Comercial 0.9132720
2    SA Urânio 0.9530007
------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.8177      0.0436     18.7513    0
b1  0.0010      0.0003     3.0029  0.0095
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.470171
--------
```

```
Analysis of Variance of linear model
============================================
              DF   SS     MS    Fc   p.value
--------------------------------------------
Linear Effect 1  0.0686 0.0686 9.02  0.0095
Lack of fit   1  0.0773 0.0773 10.16 0.00658
Residuals     14 0.1065 0.0076
--------------------------------------------
Quadratic Model
========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
----------------------------------------
b0  0.4638      0.1193     3.8884  0.0016
b1  0.0083      0.0023     3.5840  0.0030
b2 -0.00003    0.00001     -3.1877 0.0066
----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                 DF   SS     MS    Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  0.0686 0.0686 9.02  0.0095
Quadratic Effect 1  0.0773 0.0773 10.16 0.00658
Lack of fit      0    0      0      0      1
Residuals        14 0.1065 0.0076
------------------------------------------------
```

RABANETE FÓSFORO ACUMULADO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                  DF      SS    MS     Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1 0.00001 1e-05 0.2838 0.6026
Dose               2 0.00040 2e-04 8.3219 0.0042
Fertilizante*Dose  2 0.00004 2e-05 0.8764 0.4379
Ad vs Factorial    1 0.00003 3e-05 1.2777 0.2773
Residuals         14 0.00034 2e-05
Total             20 0.00081
-----------------------------------------------------------------
CV = 4872.82 %
-----------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.4844402
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
-----------------------------------------------------------------
```

```
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
               Means
Additional 0.04400000
Factorial  0.04055132
------------------------------------------------------------------
No significant interaction: analyzing the simple effect
------------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
        Levels      Means
1 SA Comercial 0.04116563
2    SA Urânio 0.03993700
------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.0486      0.0025     19.7439    0
b1 -0.0001     0.00002     -3.7266 0.0023
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.843186
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS     Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  0.0003 0.0003  13.89 0.00226
Lack of fit   1  0.0001 0.0001  2.58  0.13034
Residuals     14 0.0003 0.00002
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.0586      0.0067     8.6949     0
b1 -0.0003      0.0001     -2.1024 0.0541
b2 0.000001       0        1.5863  0.1350
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
=============================================
```

```
                 DF   SS     MS     Fc   p.value
-------------------------------------------------
Linear Effect    1  0.0003 0.0003  13.89 0.00226
Quadratic Effect 1  0.0001 0.0001  2.52   0.135
Lack of fit      0    0       0      0      1
Residuals        14 0.0003 0.00002
-------------------------------------------------
```

RABANETE POTÁSSIO ACUMULADO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                   DF      SS      MS     Fc  Pr>Fc
Fertilizante        1 0.00616 0.00616 2.6143 0.1282
Dose                2 0.02602 0.01301 5.5206 0.0171
Fertilizante*Dose   2 0.00180   9e-04 0.3811   0.69
Ad vs Factorial     1 0.00909 0.00909 3.8568 0.0697
Residuals          14 0.03300 0.00236
Total              20 0.07606
-----------------------------------------------------------------
CV = 375.75 %
-----------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.05990843
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
-----------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
-----------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
               Means
Additional 0.4273333
Factorial  0.3678786
-----------------------------------------------------------------
No significant interaction: analyzing the simple effect
-----------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
-----------------------------------------------------------------
        Levels     Means
1 SA Comercial 0.3493771
2    SA Urânio 0.3863801
-----------------------------------------------------------------
--
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.4274      0.0243     17.6051    0
```

```
b1 -0.0005      0.0002     -2.7787 0.0148
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.699462
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS    Fc  p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  0.0182 0.0182 7.72 0.01479
Lack of fit   1  0.0078 0.0078 3.32 0.08998
Residuals     14 0.0330 0.0024
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.5399      0.0664     8.1320     0
b1 -0.0028      0.0013     -2.1999 0.0451
b2 0.00001        0        1.8216  0.0899
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                 DF   SS     MS    Fc  p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  0.0182 0.0182 7.72 0.01479
Quadratic Effect 1  0.0078 0.0078 3.32 0.08994
Lack of fit      0    0      0     0      1
Residuals        14 0.0330 0.0024
------------------------------------------------
```

Anexo 06 – Resultados das análises radiológicas do experimento da casa de vegetação realizadas no LAASC.

- SOLO ARENOSO NATURAL

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

					Qto %
Area Bruta	425		σN=	23,08	5,43
Net área BG =	17,8		σarea BG=	4	

Contagem BG =	17,8		
Net Area	407,2	σN=	27
Eficiencia	1,95E-02	σE=	7,79E-04
Tempo de contagem (s)	8000		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,18012	σm=	0

Atividade (Bq) =	37,96	σA=	2,47
	35,489		
	40,439		
MDA (Bq.Kg-1)=	2,54	95% de confiança	

		Erro	%
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	327	31,0323	9,49
EFICIENCIA EM 186 keV	0,04567	0,0024	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	66,7	9,4	
Atividade do U-235	4,51	0,97	

- SOLO ARENOSO ADUBADO

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	374	σN=	23,23	6,21
Net área BG =	17,8	σarea BG=	4	
Contagem BG =	17,8			

Net Area	356,2	σN=	27
Eficiencia	1,95E-02	σE=	7,79E-04
Tempo de contagem (s)	8000		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,18609	σm=	0

Atividade (Bq) =	32,14	σA=	2,33
	29,814		
	34,473		
MDA (Bq.Kg-1)=	2,46	95% de confiança	

		Erro	%
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	271	31,165	11,5
EFICIENCIA EM 186 keV	0,04566	0,0024	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	66,7	9,4	

Atividade do U-235	3,22	0,90

- SOLO ARGILOSO

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	504	σN=	26,16	5,19
Net área BG =	17,8	σarea BG=	4	
Contagem BG =	17,8			

Net Area	486,2	σN=	30
Eficiencia	2,01E-02	σE=	8,02E-04
Tempo de contagem (s)	8000		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,14855	σm=	0
Atividade (Bq) =	53,37	σA=	3,31
	50,065		
	56,683		
MDA (Bq.Kg-1)=	2,99	95% de confiança	

		Erro	%
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	271	34,2815	12,65
EFICIENCIA EM 186 keV	0,05416	0,0046	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	66,7	9,4	

Atividade do U-235	2,16	1,17

- RABANETE PARTE AÉREA

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	12	σN=	9,09	75,78
Net área BG =	17,8	σarea BG=	4	
Contagem BG =	17,8			

Net Area	-5,8	σN=	13
Eficiencia	2,27E-02	σE=	9,06E-04
Tempo de contagem (s)	8000		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,04235	σm=	0
Atividade (Bq) =	-1,98	σA=	3,75
	-5,727 1,773		
MDA (Bq.Kg-1)=	9,28	95% de confiança	

		Erro	%	
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	7	20,65		295
EFICIENCIA EM 186 keV	0,06495	0,0055		
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364			
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57			
Área no BG	66,7	9,4		
Atividade do U-235	-4,63	1,70		

- RABANETE RAIZ

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	3	σN=	2,27	75,78
Net área BG =	17,8	$\sigma_{area\ BG}$=	4	
Contagem BG =	17,8			

Net Area	-14,8	σN=	6
Eficiencia	3,32E-02	σE=	1,33E-03
Tempo de contagem (s)	8000		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,04786	σm=	0
Atividade (Bq) =	-3,05	σA=	1,09
	-4,137		
	-1,957		
MDA (Bq.Kg-1)=	5,61	95% de confiança	

		Erro	%	
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	60	19,8		33
EFICIENCIA EM 186 keV	0,09652	0,0082		
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364			

Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57	
Área no BG	66,7	9,4

Atividade do U-235	-0,12	0,94

- RÚCULA

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	41	σN=	9,92	24,2
Net área BG =	17,8	$\sigma_{area\ BG}$=	4	
Contagem BG =	17,8			

Net Area	23,2	σN=	14
Eficiencia	2,25E-02	σE=	9,02E-04
Tempo de contagem (s)	8000		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,03875	σm=	0
Atividade (Bq) =	8,69	σA=	4,39
	4,299		
	13,079		
MDA (Bq.Kg-1)=	10,20	95% de confiança	

		Erro	%
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	58	20,3	35
EFICIENCIA EM 186 keV	0,06515	0,0034	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	66,7	9,4	

Atividade do U-235	-1,31	1,79

Anexo 7- Abertura de espaço no local do experimento no campo - site da INB

Fonte: Autor, 2019.

Anexo 8 – Desenho experimental do campo site INB

					Plantio		Cobertura
Espécie	**Fertilizante**	**Dose**	**Bloco**	**SA (g/cova)**	**ST (g/cova)**	**KCl (g/cova)**	**SA (g/cova)**
1A	Testemunha	0	1	0	110	85	0
2A	Testemunha	0	2	0	110	85	0
3A	Testemunha	0	3	0	110	85	0
4A	SAI	50	1	225	110	85	225
5A	SAI	50	2	225	110	85	225
6A	SAI	50	3	225	110	85	225
7A	SAI	100	1	450	110	85	450
8A	SAI	100	2	450	110	85	450
9A	SAI	100	3	450	110	85	450
10A	SAI	200	1	900	110	85	900
11A	SAI	200	2	900	110	85	900
12A	SAI	200	3	900	110	85	900
13A	SAC	50	1	225	110	85	225
14A	SAC	50	2	225	110	85	225
15A	SAC	50	3	225	110	85	225
16A	SAC	100	1	450	110	85	450
17A	SAC	100	2	450	110	85	450
18A	SAC	100	3	450	110	85	450
19A	SAC	200	1	900	110	85	900
20A	SAC	200	2	900	110	85	900

21A	SAC	200	3	900	110	85	900
22P	Testemunha	0	1	0	110	85	0
23P	Testemunha	0	2	0	110	85	0
24P	Testemunha	0	3	0	110	85	0
25P	SAI	50	1	225	110	85	225
26P	SAI	50	2	225	110	85	225
27P	SAI	50	3	225	110	85	225
28P	SAI	100	1	450	110	85	450
29P	SAI	100	2	450	110	85	450
30P	SAI	100	3	450	110	85	450
31P	SAI	200	1	900	110	85	900
32P	SAI	200	2	900	110	85	900
33P	SAI	200	3	900	110	85	900
34P	SAC	50	1	225	110	85	225
35P	SAC	50	2	225	110	85	225
36P	SAC	50	3	225	110	85	225
37P	SAC	100	1	450	110	85	450
38P	SAC	100	2	450	110	85	450
39P	SAC	100	3	450	110	85	450
40P	SAC	200	1	900	110	85	900
41P	SAC	200	2	900	110	85	900
42P	SAC	200	3	900	110	85	900

---------- 21 m ----------

--- 6 m ---

1A	16A	34P	4A	25P	37P	13A	Bloco 1
28P	19A	31P	40P	22P	7A	10A	
18A	33P	3A	24P	41P	32P	38P	Bloco 2
6A	12A	20A	9A	30P	17A	21A	
27P	23P	29P	42P	26P	36P	39P	Bloco 3
2A	15A	35P	14A	8A	5A	11A	

Legenda:

A= Aroeira Vermelha

P= Paineira Rosa

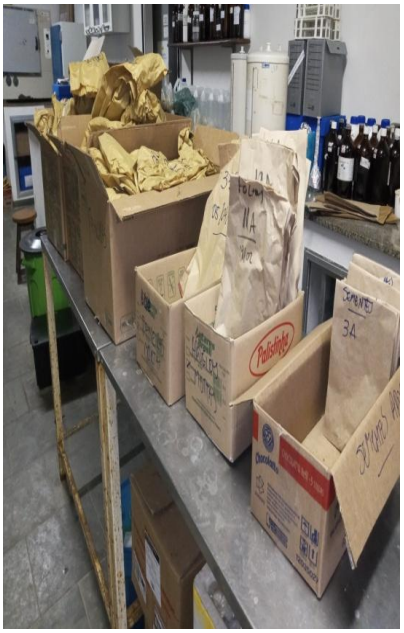
Fonte: Autor, 2021.

Anexo 9 – Crescimento das plantas no campo site da INB

Plantas	Datas das medições do crescimento das plantas no Campo					
	11/11/2021	22/12/2020	11/02/2021	16/03/2021	19/04/2021	29/05/2021
1A	41 cm	51 cm	71 cm	98 cm	104 cm	110
2A	45 cm	53 cm	80 cm	105 cm	112 cm	113
3ª	42 cm	47 cm	70 cm	100 cm	100 cm	101
4ª	42 cm	52 cm	75 cm	105 cm	116 cm	121
5ª	45 cm	52 cm	76 cm	98 cm	100 cm	103
6ª	43 cm	53 cm	75 cm	102 cm	108 cm	114
7ª	39 cm	51 cm	79 cm	90 cm	93 cm	95
8ª	40 cm	60 cm	86 cm	110 cm	120 cm	123
9ª	42 cm	60cm	80 cm	98 cm	100 cm	105
10A	38 cm	47 cm	66 cm	PP	PP	PP
11A	38 cm	56 cm	98 cm	PP	PP	PP
12A	41cm	46 cm	51 cm	60 cm	63 cm	64
13A	47 cm	56 cm	81 cm	130 cm	140 cm	144
14A	39 cm	45 cm	74 cm	91 cm	97 cm	103
15A	41 cm	52 cm	87 cm	120 cm	129 cm	132
16A	41 cm	52 cm	83 cm	PP	PP	PP
17A	40 cm	53 cm	85 cm	110 cm	128 cm	130
18A	38 cm	48 cm	95 cm	120 cm	127 cm	128
19A	40 cm	46 cm	78 cm	PP	PP	PP
20A	39 cm	45 cm	75 cm	87 cm	95 cm	98
21A	43 cm	47 cm	82 cm	PP	PP	PP
22P	46cm	47 cm	50 cm	60 cm	61 cm	63
23P	48cm	53 cm	71 cm	82 cm	85 cm	86
24P	46cm	50 cm	65 cm	83 cm	84 cm	84
25P	40cm	47 cm	63 cm	93 cm	106 cm	110
26P	45cm	46 cm	61 cm	92 cm	115 cm	120
27P	45cm	53 cm	76 cm	100 cm	110 cm	112
28P	42cm	58 cm	71 cm	94 cm	96 cm	97
29P	48cm	45 cm	58 cm	79 cm	90 cm	91
30P	47cm	55 cm	71 cm	90 cm	110 cm	112
31P	40cm	50 cm	66 cm	66 cm	PP	PP
32P	44cm	50 cm	73 cm	73 cm	73 cm	PP
33P	44cm	50 cm	80 cm	82 cm	PP	PP
34P	42cm	53 cm	80 cm	110 cm	112 cm	115
35P	43cm	52 cm	94 cm	124 cm	140 cm	145
36P	48cm	39 cm	PP	PP	PP	PP
37P	47cm	45 cm	45 cm	50 cm	64 cm	65
38P	44cm	47 cm	67 cm	78 cm	80 cm	82
39P	45cm	51 cm	70 cm	84 cm	92 cm	95
40P	40cm	48 cm	53 cm	63 cm	70 cm	72
41P	40cm	50 cm	77 cm	77 cm	PP	PP
42P	45cm	46 cm	77 cm	**78 cm**	PP	PP

Fonte: Autor, 2021.

Anexo 10 – Preparação e secagem das plantas na estufa do LSP/UFRRJ



Preparação e secagem das plantas na estufa do LSP/UFRRJ

Fonte: Autor, 2021.

Anexo 11 – Massa seca para análises no LSP

U.E.	Espécies	Fertilizante	Dose	Massa seca folhas Aroeiras	Massa seca galhos Aroeiras
1	Aroeira	Controle	0	42,33	79,7
2	Aroeira	Controle	0	43,48	85,79
3	Aroeira	Controle	0	39,67	75,37
4	Aroeira	SA Urânio	50	126,34	87,97
5	Aroeira	SA Urânio	50	141,57	126,4
6	Aroeira	SA Urânio	50	158,88	164,9
7	Aroeira	SA Urânio	100	68,87	59,16
8	Aroeira	SA Urânio	100	186,32	169,95
9	Aroeira	SA Urânio	100	72,01	61,08
10	Aroeira	SA Urânio	200	PP	PP
11	Aroeira	SA Urânio	200	PP	PP
12	Aroeira	SA Urânio	200	57,72	64,91
13	Aroeira	SA Comercial	50	153,12	197,55
14	Aroeira	SA Comercial	50	132,01	152,2
15	Aroeira	SA Comercial	50	190,71	221,58
16	Aroeira	SA Comercial	100	PP	PP
17	Aroeira	SA Comercial	100	141,2	111,22
18	Aroeira	SA Comercial	100	221,53	165,35
19	Aroeira	SA Comercial	200	PP	PP
20	Aroeira	SA Comercial	200	69,23	36,87
21	Aroeira	SA Comercial	200	PP	PP
U.E.	**Espécies**	**Fertilizante**	**Dose**	**Folhas Paineiras**	**Galhos Paineiras**
22	Paineira	Controle	0	10,56	27,43
23	Paineira	Controle	0	14,35	43,23
24	Paineira	Controle	0	13,63	43,46
25	Paineira	SA Urânio	50	22,66	61,22
26	Paineira	SA Urânio	50	39,77	95,22
27	Paineira	SA Urânio	50	34,15	74,13
28	Paineira	SA Urânio	100	17,01	57,89
29	Paineira	SA Urânio	100	25,15	61,22
30	Paineira	SA Urânio	100	36,9	84,4
31	Paineira	SA Urânio	200	PP	PP
32	Paineira	SA Urânio	200	PP	PP
33	Paineira	SA Urânio	200	PP	PP
34	Paineira	SA Comercial	50	32,9	80,52
35	Paineira	SA Comercial	50	14,16	126,13
36	Paineira	SA Comercial	50	PP	PP
37	Paineira	SA Comercial	100	5,78	11,4
38	Paineira	SA Comercial	100	13,6	28,42
39	Paineira	SA Comercial	100	6,9	27,35
40	Paineira	SA Comercial	200	10,75	19,7
41	Paineira	SA Comercial	200	PP	PP
42	Paineira	SA Comercial	200	PP	PP

Fonte: Autor, 2021.

Anexo 12 – Resultados das ANOVAS das plantas de Aroeiras Vermelhas do experimento do campo no site da INB.

AROEIRA VERMELHA - Ricardo Dias - 04-06-2022-

Carregando os pacotes e importando os dados

```
gc(); rm(list=ls(all=TRUE))
##          used (Mb) gc trigger (Mb) max used (Mb)
## Ncells 444284 23.8     947527 50.7   643711 34.4
## Vcells 791309  6.1    8388608 64.0  1648573 12.6
pacman::p_load(ExpDes.pt, readxl)

dados<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\aroeira.xlsx",sheet =
"dados")
dadosAd<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\aroeira.xlsx",sheet
= "adicional")
attach(dados)
attach(dadosAd)
```

ANOVA e teste de Tukey (Delineamento em blocos, esquema fatorial duplo com um tratamento adicional, p<0.05).

Massa seca folha (g/unidade experimental).

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  MSF, MSFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ          QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2   904.5761   452.28802  0.3995 0.6792
## Fertilizante       1  5015.8459  5015.84587  4.4307  0.057
## Dose               2 28542.9194 14271.45968 12.6065 0.0011
## Fertilizante*Dose  2  3424.4315  1712.21577  1.5125 0.2595
## Ad vs Fatorial     1 15597.6952 15597.69517 13.7781  0.003
## Residuo           12 13584.8195  1132.06829
## Total             20 67070.2875
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 30.99 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.04425448
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##              Medias
## Adicional  41.82667 a
## Fatorial  119.70972 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 136.4028
## 2    SAuranio 103.0167
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      150.4383
## a     100     145.2158
```

```
##  b    200     63.475
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa seca galho (g/unidade experimental).

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  MSG, MSGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ          QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2  1165.510   582.75494  0.5053 0.6156
## Fertilizante       1  3005.838  3005.83811  2.6063 0.1324
## Dose               2 35356.767 17678.38368 15.3285  5e-04
## Fertilizante*Dose  2  6911.592  3455.79596  2.9964  0.088
## Ad vs Fatorial     1  2111.710  2111.70977   1.831  0.201
## Residuo           12 13839.581  1153.29845
## Total             20 62390.998
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 32.39 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.3080614
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##              Medias
## Adicional  80.28667
## Fatorial  108.94361
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis    Medias
## 1 Sacomercial 121.86611
## 2    SAuranio  96.02111
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      158.4333
## a     100     117.5075
##  b    200     50.89
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio nas folhas (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  NF, NFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)

## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2    1.37357    0.68678  0.0148 0.9854
## Fertilizante       1    8.12851    8.12851  0.1746 0.6834
## Dose               2  277.13459   138.5673  2.9768 0.0892
## Fertilizante*Dose  2  283.48186  141.74093   3.045 0.0852
## Ad vs Fatorial     1 2725.21626 2725.21626 58.5448      0
## Residuo           12  558.59059   46.54922
## Total             20 3853.92538
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 12.43 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1671791
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 26.99200 a
## Fatorial  59.54667 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 60.21867
## 2    SAuranio 58.87467
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis Medias
## 1    100 57.624
## 2    200 65.016
## 3     50 56.000
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio nos galhos (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  NG, NGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Bloco              2    2.92723   1.46362 0.0893 0.9152
## Fertilizante       1   64.61571  64.61571 3.9414 0.0704
## Dose               2  316.45690 158.22845 9.6515 0.0032
## Fertilizante*Dose  2  172.18835  86.09418 5.2515  0.023
## Ad vs Fatorial     1  875.51050  875.5105 53.404      0
## Residuo           12  196.72934  16.39411
## Total             20 1628.42803
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 20.75 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
```

```
## valor-p:  0.3342331
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##           Medias
## Adicional  3.696 a
## Fatorial  22.148 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL         SQ        QM     Fc  Pr>Fc
## Bloco                  2    2.92723   1.46362 0.0893 0.9152
## Dose                   2  316.45690 158.22845 9.6515 0.0032
## Fertilizante:Dose 50   1   74.68070   74.6807 4.5553 0.0541
## Fertilizante:Dose 100  1  126.51878 126.51878 7.7173 0.0167
## Fertilizante:Dose 200  1   35.60458  35.60458 2.1718 0.1663
## Ad vs Fatorial         1  875.51050  875.5105 53.404      0
## Residuo               12  196.72934  16.39411
## Total                 20 1628.42803
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##       Niveis Medias
## 1 Sacomercial 13.216
## 2    SAuranio 20.272
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SAuranio    27.328
##  b    Sacomercial     18.144
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##       Niveis Medias
## 1 Sacomercial 29.400
## 2    SAuranio 24.528
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##                                GL         SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                           2    2.92723   1.46362  0.0893 0.9152
## Fertilizante                    1   64.61571  64.61571  3.9414 0.0704
## Dose:Fertilizante Sacomercial   2  412.90458 206.45229 12.5931 0.0011
## Dose:Fertilizante SAuranio      2   75.74067  37.87034    2.31 0.1417
## Ad vs Fatorial                  1  875.51050  875.5105  53.404      0
## Residuo                        12  196.72934  16.39411
## Total                          20 1628.42803
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     29.4
##  b    100     18.144
##  b    50      13.216
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis Medias
## 1    100 27.328
## 2    200 24.528
## 3     50 20.272
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de fósforo nas folhas (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  PF, PFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM     Fc  Pr>Fc
## Bloco              2 0.04500  0.0225 0.5217 0.6064
## Fertilizante       1 0.21670  0.2167 5.0241 0.0447
## Dose               2 0.18690 0.09345 2.1666 0.1573
## Fertilizante*Dose  2 0.27835 0.13918 3.2267 0.0756
## Ad vs Fatorial     1 0.00008   8e-05 0.0019 0.9655
## Residuo           12 0.51759 0.04313
## Total             20 1.24464
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 9.38 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1616637
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 2.210400
## Fatorial  2.216117
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     2.32584
##  b    SAuranio    2.106394
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 2.231536
## 2    200 2.332492
## 3     50 2.084323
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de fósforo nos galhos (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  PG, PGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL      SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2 0.40659  0.2033  1.4063 0.2827
## Fertilizante       1 1.86804 1.86804 12.9223 0.0037
## Dose               2 0.43555 0.21777  1.5065 0.2608
## Fertilizante*Dose  2 0.61267 0.30633  2.1191 0.1629
## Ad vs Fatorial     1 0.75827 0.75827  5.2454 0.0409
## Residuo           12 1.73471 0.14456
## Total             20 5.81583
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 27.33 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.3169199
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 1.856427 a
## Fatorial  1.313394 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SAuranio    1.635543
##  b    Sacomercial     0.9912454
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##   Niveis   Medias
## 1    100 1.168594
## 2    200 1.242371
## 3     50 1.529218
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio nas folhas (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  KF, KFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ       QM     Fc  Pr>Fc
## Bloco              2  17.72123  8.86062  2.107 0.1643
## Fertilizante       1   1.00329  1.00329 0.2386  0.634
## Dose               2  14.50095  7.25048 1.7241 0.2197
## Fertilizante*Dose  2  20.31627 10.15813 2.4155 0.1313
## Ad vs Fatorial     1   5.31114  5.31114  1.263 0.2831
## Residuo           12  50.46382  4.20532
## Total             20 109.31670
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 9.12 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1669495
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 23.71644
## Fatorial  22.27928
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 22.04319
## 2    SAuranio 22.51537
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 21.38028
## 2    200 21.95272
## 3     50 23.50483
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio nos galhos (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  KG, KGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL       SQ      QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2  1.67587 0.83794  1.0949 0.3658
## Fertilizante       1  0.81352 0.81352   1.063 0.3229
## Dose               2  1.49750 0.74875  0.9784  0.404
## Fertilizante*Dose  2  4.48817 2.24408  2.9323 0.0919
## Ad vs Fatorial     1  8.00227 8.00227 10.4565 0.0072
## Residuo           12  9.18346 0.76529
## Total             20 25.66078
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 8.14 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.5379992
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##              Medias
## Adicional  9.232313 a
## Fatorial  10.996397 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 10.78380
## 2    SAuranio 11.20899
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis   Medias
## 1    100 10.64798
## 2    200 10.98691
## 3     50 11.35430
## ------------------------------------------------------------------------
```

AROEIRA ACUMULADO MASSA SECA

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
------------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                   DF        SS          MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante        1  15787.46 15787.46036  3.8563 0.0697
Dose                2 123945.41 61972.70712 15.1375  3e-04
Fertilizante*Dose   2  13755.28  6877.63931  1.6799 0.2219
Ad vs Factorial     1  29187.70  29187.6984  7.1294 0.0183
Residuals          14  57315.90  4093.99278
Total              20 239991.75
------------------------------------------------------------------
CV = 0.94 %
------------------------------------------------------------------
```

```
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.005705026
WARNING: at 5% of significance, residuals can not be considered
normal!
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
              Means
Additional 122.1133 a
Factorial  228.6533 b
------------------------------------------------------------------
No significant interaction: analyzing the simple effect
------------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
--------------------------------------------------------------------
       Levels    Means
1 Sacomercial 258.2689
2    SAuranio 199.0378
------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0 383.0508    31.9922     11.9733    0
b1 -1.3234      0.2418     -5.4723 0.0001
-----------------------------------------
R2 of linear model
--------
0.989133
--------
Analysis of Variance of linear model
=========================================================
              DF      SS           MS       Fc   p.value
---------------------------------------------------------
Linear Effect 1  122,598.5000 122,598.5000 29.95  8e-05
Lack of fit   1   1,346.9620   1,346.9620  0.33  0.57534
Residuals     14 57,315.9000   4,093.9930
---------------------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0 336.3328    87.5059     3.8435  0.0018
b1 -0.3624      1.6929     -0.2140 0.8336
b2 -0.0037      0.0065     -0.5736 0.5753
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
```

```
=============================================================
                 DF      SS           MS       Fc   p.value
-------------------------------------------------------------
Linear Effect    1  122,598.5000 122,598.5000 29.95  8e-05
Quadratic Effect 1   1,346.9620   1,346.9620  0.33  0.57534
Lack of fit      0       0            0         0      1
Residuals        14 57,315.9000   4,093.9930
-------------------------------------------------------------
```

AROEIRA NITROGÊNIO ACUMULADO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                  DF        SS        MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1  11.37052  11.37052  1.8167 0.1991
Dose               2 114.57788  57.28894   9.153 0.0029
Fertilizante*Dose  2   9.99118   4.99559  0.7981 0.4696
Ad vs Factorial    1 149.49735 149.49735 23.8851  2e-04
Residuals         14  87.62644   6.25903
Total             20 373.06337
-----------------------------------------------------------------
CV = 30.7 %
-----------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.03380787
WARNING: at 5% of significance, residuals can not be considered
normal!
-----------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
-----------------------------------------------------------------
             Means
Additional 1.443333 a
Factorial  9.068152 b
-----------------------------------------------------------------
No significant interaction: analyzing the simple effect
-----------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
-----------------------------------------------------------------
       Levels    Means
1 Sacomercial 9.862945
2    SAuranio 8.273359
-----------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
-----------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0 13.5556      1.2509     10.8367    0
b1 -0.0385      0.0095     -4.0677 0.0012
-----------------------------------------
```

```
R2 of linear model
--------
0.903865
--------

Analysis of Variance of linear model
================================================
              DF    SS       MS     Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect 1  103.5629 103.5629 16.55 0.00115
Lack of fit   1  11.0149  11.0149  1.76  0.20588
Residuals     14 87.6264   6.2590
------------------------------------------------
Quadratic Model
========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
----------------------------------------
b0  9.3309      3.4215     2.7271  0.0164
b1  0.0484      0.0662     0.7319  0.4763
b2 -0.0003      0.0002     -1.3266 0.2059
----------------------------------------
R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                 DF    SS       MS     Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  103.5629 103.5629 16.55 0.00115
Quadratic Effect 1  11.0149  11.0149  1.76  0.20588
Lack of fit      0     0        0       0      1
Residuals        14 87.6264   6.2590
------------------------------------------------
```

AROEIRA FÓSFORO ACUMULADO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                  DF      SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1 0.03955 0.03955  3.1956 0.0955
Dose               2 0.34761  0.1738 14.0417  5e-04
Fertilizante*Dose  2 0.06319 0.03159  2.5524 0.1135
Ad vs Factorial    1 0.07214 0.07214  5.8282   0.03
Residuals         14 0.17329 0.01238
Total             20 0.69577
-----------------------------------------------------------------
CV = 368.7 %
-----------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.03961331
WARNING: at 5% of significance, residuals can not be considered
```

```
normal!
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
               Means
Additional 0.2400000 a
Factorial  0.4074941 b
------------------------------------------------------------------
No significant interaction: analyzing the simple effect
------------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
       Levels     Means
1 Sacomercial 0.4543712
2    SAuranio 0.3606169
------------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.6672      0.0556     11.9934    0
b1 -0.0022      0.0004     -5.2930 0.0001
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.997616
--------
Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS    Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  0.3468 0.3468 28.02 0.00011
Lack of fit   1  0.0008 0.0008 0.07  0.79961
Residuals     14 0.1733 0.0124
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate  Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.6306       0.1522     4.1445  0.0010
b1  -0.0015      0.0029     -0.5007 0.6244
b2 -0.000003    0.00001     -0.2581 0.8001
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
=============================================
                DF   SS     MS    Fc   p.value
```

```
------------------------------------------------
Linear Effect    1  0.3468 0.3468 28.02 0.00011
Quadratic Effect 1  0.0008 0.0008 0.07  0.80006
Lack of fit      0    0      0      0      1
Residuals        14 0.1733 0.0124
------------------------------------------------
```

AROEIRA POTÁSSIO ACUMULADO

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
----------------------------------------------------------------
                  DF       SS       MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1  3.27570   3.2757  3.7649 0.0728
Dose               2 35.33933 17.66966 20.3083  1e-04
Fertilizante*Dose  2  1.37848  0.68924  0.7922 0.4721
Ad vs Factorial    1 11.11405 11.11405 12.7737 0.0031
Residuals         14 12.18100  0.87007
Total             20 63.28856
----------------------------------------------------------------
CV = 49.13 %
----------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.05627819
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
----------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
----------------------------------------------------------------
             Means
Additional 1.743333 a
Factorial  3.822307 b
----------------------------------------------------------------
No significant interaction: analyzing the simple effect
----------------------------------------------------------------
Fertilizante
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
----------------------------------------------------------------
       Levels    Means
1 Sacomercial 4.248902
2    SAuranio 3.395711
----------------------------------------------------------------
Dose
Adjustment of polynomial models of regression
----------------------------------------------------------------

Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  6.4437      0.4664     13.8161    0
b1 -0.0225      0.0035     -6.3731 0.00002
-----------------------------------------
```

```
R2 of linear model
--------
0.999993
--------
Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS      MS     Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  35.3391 35.3391 40.62  2e-05
Lack of fit   1  0.0003  0.0003    0   0.98639
Residuals     14 12.1810 0.8701
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  6.4641      1.2757     5.0672  0.0002
b1 -0.0229      0.0247     -0.9275 0.3694
b2 0.000002     0.0001     0.0172  0.9865
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                 DF   SS      MS     Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  35.3391 35.3391 40.62  2e-05
Quadratic Effect 1  0.0003  0.0003    0   0.98651
Lack of fit      0     0       0      0      1
Residuals        14 12.1810 0.8701
------------------------------------------------
```

Anexo 13 – Resultados das ANOVAS das plantas de Paineiras Rosa do experimento do campo no site da INB.

PAINEIRA ROSA - Ricardo Dias - 04-06-2022

Carregando os pacotes e importando os dados

```
gc(); rm(list=ls(all=TRUE))
##          used (Mb) gc trigger (Mb) max used (Mb)
## Ncells 444284 23.8     947527 50.7   643711 34.4
## Vcells 791314  6.1    8388608 64.0  1648573 12.6
pacman::p_load(ExpDes.pt, readxl)

dados<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\Paineira.xlsx",sheet =
"dados")
dadosAd<-read_excel("C:\\Users\\ricar\\Documents\\Ajuda\\Ronaldo\\Paineira.xlsx",sheet
```

```
= "adicional")
attach(dados)
attach(dadosAd)
ANOVA e teste de Tukey (Delineamento em blocos, esquema fatorial
duplo com um tratamento adicional, p<0.05).
Massa seca folha (g/unidade experimental).
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  MSF, MSFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2   51.43147  25.71573  0.5933 0.5679
## Fertilizante       1  120.22836 120.22836  2.7738 0.1217
## Dose               2 1520.47241 760.23621 17.5396  3e-04
## Fertilizante*Dose  2  629.98348 314.99174  7.2673 0.0086
## Ad vs Fatorial     1   42.89834  42.89834  0.9897 0.3394
## Residuo           12  520.12733  43.34394
## Total             20 2885.14138
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 40.27 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.2545817
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 12.84667
## Fatorial  16.93111
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL         SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                  2   51.43147  25.71573  0.5933 0.5679
## Dose                   2 1520.47241 760.23621 17.5396  3e-04
## Fertilizante:Dose 50   1  112.58002 112.58002  2.5974  0.133
## Fertilizante:Dose 100  1  464.28807 464.28807 10.7117 0.0067
## Fertilizante:Dose 200  1  173.34375 173.34375  3.9993 0.0687
## Ad vs Fatorial         1   42.89834  42.89834  0.9897 0.3394
## Residuo               12  520.12733  43.34394
## Total                 20 2885.14138
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 23.53000
## 2    SAuranio 32.19333
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SAuranio    26.35333
##  b    Sacomercial     8.76
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis Medias
## 1 Sacomercial  10.75
## 2    SAuranio   0.00
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                               GL         SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                          2   51.43147  25.71573  0.5933 0.5679
## Fertilizante                   1  120.22836 120.22836  2.7738 0.1217
## Dose:Fertilizante Sacomercial  2  385.44140  192.7207  4.4463 0.0359
## Dose:Fertilizante SAuranio     2 1765.01449 882.50724 20.3606  1e-04
## Ad vs Fatorial                 1   42.89834  42.89834  0.9897 0.3394
## Residuo                       12  520.12733  43.34394
## Total                         20 2885.14138
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      23.53
## ab    200     10.75
##  b    100     8.76
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      32.19333
## a     100     26.35333
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

Massa seca galho (g/unidade experimental).

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  MSG, MSGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
```

```
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2  1082.8370  541.41852  4.9439 0.0272
## Fertilizante       1     0.2604     0.2604  0.0024 0.9619
## Dose               2 19410.1390 9705.06952 88.6214      0
## Fertilizante*Dose  2  4730.8329 2365.41643 21.5997  1e-04
## Ad vs Fatorial     1   273.4065  273.40648  2.4966 0.1401
## Residuo           12  1314.1388  109.51156
## Total             20 26811.6146
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 22.32 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1593249
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##             Medias
## Adicional 38.04000
## Fatorial  48.35139
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                        GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                   2  1082.8370  541.41852  4.9439 0.0272
## Dose                    2 19410.1390 9705.06952 88.6214      0
## Fertilizante:Dose 50    1  1050.8590   1050.859  9.5959 0.0092
## Fertilizante:Dose 100   1  3098.0993 3098.09927 28.2902  2e-04
## Fertilizante:Dose 200   1   582.1350    582.135  5.3157 0.0398
## Ad vs Fatorial          1   273.4065  273.40648  2.4966 0.1401
## Residuo                12  1314.1388  109.51156
## Total                  20 26811.6146
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     103.325
##  b    SAuranio    76.85667
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     SAuranio    67.83667
```

```
##  b    Sacomercial     22.39
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     19.7
##  b    SAuranio    0
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                               GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                          2  1082.8370  541.41852  4.9439 0.0272
## Fertilizante                   1     0.2604     0.2604  0.0024 0.9619
## Dose:Fertilizante Sacomercial  2 13550.8510 6775.42547 61.8695      0
## Dose:Fertilizante SAuranio     2 10590.1210 5295.06048 48.3516      0
## Ad vs Fatorial                 1   273.4065  273.40648  2.4966 0.1401
## Residuo                       12  1314.1388  109.51156
## Total                         20 26811.6146
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      103.325
##  b    100     22.39
##  b    200     19.7
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      76.85667
## a     100     67.83667
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio nas folhas (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  NF, NFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL         SQ         QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2    42.1391   21.06955  0.4833 0.6282
## Fertilizante       1  4173.6902 4173.69025 95.7403      0
## Dose               2  2846.2030 1423.10151 32.6445      0
## Fertilizante*Dose  2  8478.2834  4239.1417 97.2417      0
```

```
## Ad vs Fatorial     1  2860.4581  2860.4581 65.6161      0
## Residuo           12   523.1265   43.59387
## Total             20 18923.9003
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 11.23 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.4472089
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 30.18400 a
## Fatorial  63.53667 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL          SQ          QM       Fc  Pr>Fc
## Bloco                  2    42.13910    21.06955   0.4833 0.6282
## Dose                   2  2846.20302  1423.10151  32.6445      0
## Fertilizante:Dose 50   1    17.21782    17.21782    0.395 0.5415
## Fertilizante:Dose 100  1    13.71686    13.71686   0.3147 0.5852
## Fertilizante:Dose 200  1 12621.03898 12621.03898 289.5141      0
## Ad vs Fatorial         1  2860.45810   2860.4581  65.6161      0
## Residuo               12   523.12646    43.59387
## Total                 20 18923.90035
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##       Niveis Medias
## 1 Sacomercial 68.964
## 2    SAuranio 72.352
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##       Niveis Medias
## 1 Sacomercial 75.600
## 2    SAuranio 72.576
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     91.728
##  b    SAuranio    0
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                               GL         SQ         QM       Fc  Pr>Fc
## Bloco                          2    42.1391   21.06955   0.4833 0.6282
## Fertilizante                   1  4173.6902 4173.69025  95.7403      0
## Dose:Fertilizante Sacomercial  2   822.3486  411.17429   9.4319 0.0035
## Dose:Fertilizante SAuranio     2 10502.1379 5251.06893 120.4543      0
## Ad vs Fatorial                 1  2860.4581  2860.4581  65.6161      0
## Residuo                       12   523.1265   43.59387
## Total                         20 18923.9003
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     91.728
##  b    100     75.6
##  b    50      68.964
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     72.576
## a     50      72.352
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de nitrogênio nos galhos (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  NG, NGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                    GL        SQ       QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco               2   0.37330  0.18665    0.06 0.9421
## Fertilizante        1   3.12600    3.126  1.0043 0.3361
## Dose                2  66.29693 33.14846 10.6492 0.0022
## Fertilizante*Dose   2  13.40274  6.70137  2.1529 0.1589
## Ad vs Fatorial      1  10.87612 10.87612   3.494 0.0862
## Residuo            12  37.35311  3.11276
## Total              20 131.42820
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 75.05 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.003412417
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
## De acordo com o teste F, as medias dos dois grupos sao estatisticamente iguais.
##           Medias
## Adicional 0.5880
## Fatorial  2.6446
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 2.227867
## 2    SAuranio 3.061333
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      4.4954
## a     100     3.4384
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de fósforo nas folhas (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  PF, PFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL       SQ      QM        Fc  Pr>Fc
## Bloco              2  0.00546 0.00273    0.9321 0.4204
## Fertilizante       1  1.15111 1.15111  393.0061      0
## Dose               2 19.79283 9.89642 3378.7878      0
## Fertilizante*Dose  2  2.37606 1.18803  405.6121      0
## Ad vs Fatorial     1  1.21527 1.21527  414.9127      0
## Residuo           12  0.03515 0.00293
## Total             20 24.57589
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 2.31 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.07145711
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 2.935837 a
## Fatorial  2.248373 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL       SQ      QM        Fc  Pr>Fc
## Bloco                  2  0.00546 0.00273    0.9321 0.4204
## Dose                   2 19.79283 9.89642 3378.7878      0
## Fertilizante:Dose 50   1  0.00696 0.00696     2.376 0.1492
## Fertilizante:Dose 100  1  0.00445 0.00445    1.5188 0.2414
## Fertilizante:Dose 200  1  3.51576 3.51576 1200.3355      0
## Ad vs Fatorial         1  1.21527 1.21527  414.9127      0
## Residuo               12  0.03515 0.00293
## Total                 20 24.57589
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 2.942554
## 2    SAuranio 3.010668
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 3.030258
## 2    SAuranio 2.975799
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     1.530961
##  b    SAuranio    0
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                               GL       SQ      QM        Fc  Pr>Fc
## Bloco                          2  0.00546 0.00273    0.9321 0.4204
## Fertilizante                   1  1.15111 1.15111  393.0061      0
## Dose:Fertilizante Sacomercial  2  4.24818 2.12409  725.1962      0
## Dose:Fertilizante SAuranio     2 17.92072 8.96036 3059.2036      0
## Ad vs Fatorial                 1  1.21527 1.21527  414.9127      0
## Residuo                       12  0.03515 0.00293
## Total                         20 24.57589
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     100     3.030258
## a     50      2.942554
##  b    200     1.530961
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      3.010668
## a     100     2.975799
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de fósforo nos galhos (mg/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  PG, PGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL       SQ       QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2  0.75310  0.37655  0.8848 0.4381
## Fertilizante       1  1.09307  1.09307  2.5685  0.135
## Dose               2  2.62213  1.31106  3.0807 0.0832
## Fertilizante*Dose  2  0.87566  0.43783  1.0288 0.3869
## Ad vs Fatorial     1 12.38624 12.38624 29.1048  2e-04
## Residuo           12  5.10688  0.42557
## Total             20 22.83708
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 72.63 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.1155005
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##              Medias
## Adicional 2.7793612 a
## Fatorial  0.5846245 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
## Fertilizante
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis    Medias
## 1 Sacomercial 0.3381982
## 2    SAuranio 0.8310507
## ------------------------------------------------------------------------
## Dose
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##   Niveis    Medias
## 1    100 0.7369935
## 2    200 0.0600000
## 3     50 0.9568799
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio nas folhas (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  KF, KFad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
```

```
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2   2.31374   1.15687  0.3264 0.7277
## Fertilizante       1  75.74949  75.74949 21.3726  6e-04
## Dose               2 448.74806 224.37403 63.3069      0
## Fertilizante*Dose  2 125.32010  62.66005 17.6795  3e-04
## Ad vs Fatorial     1  87.85199  87.85199 24.7873  3e-04
## Residuo           12  42.53074   3.54423
## Total             20 782.51413
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 14.06 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.5410957
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 18.39907 a
## Fatorial  12.55401 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                        GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                   2   2.31374   1.15687  0.3264 0.7277
## Dose                    2 448.74806 224.37403 63.3069      0
## Fertilizante:Dose 50    1   0.04283   0.04283  0.0121 0.9143
## Fertilizante:Dose 100   1   1.32262   1.32262  0.3732 0.5527
## Fertilizante:Dose 200   1 199.70414 199.70414 56.3463      0
## Ad vs Fatorial          1  87.85199  87.85199 24.7873  3e-04
## Residuo                12  42.53074   3.54423
## Total                  20 782.51413
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 17.55623
## 2    SAuranio 17.72521
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 14.72160
## 2    SAuranio 13.78259
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     11.53846
##  b    SAuranio    0
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                               GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                          2   2.31374   1.15687  0.3264 0.7277
## Fertilizante                   1  75.74949  75.74949 21.3726  6e-04
## Dose:Fertilizante Sacomercial  2  54.38104  27.19052  7.6718 0.0071
## Dose:Fertilizante SAuranio     2 519.68713 259.84357 73.3146      0
## Ad vs Fatorial                 1  87.85199  87.85199 24.7873  3e-04
## Residuo                       12  42.53074   3.54423
## Total                         20 782.51413
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      17.55623
## ab    100     14.7216
##  b    200     11.53846
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      17.72521
## a     100     13.78259
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

Concentração de potássio nos galhos (g/kg)

```
anova<-fat2.ad.dbc(Fertilizante, Dose, Bloco,  KG, KGad, quali = c(TRUE, T), mcomp =
"tukey",fac.names = c("Fertilizante", "Dose"), sigT = 0.05, sigF = 0.05)
## ------------------------------------------------------------------------
## Legenda:
## FATOR 1:  Fertilizante
## FATOR 2:  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                   GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco              2   4.56666   2.28333  0.4437 0.6518
```

```
## Fertilizante       1 126.11109 126.11109 24.5081  3e-04
## Dose               2 537.58732 268.79366 52.2366      0
## Fertilizante*Dose  2  55.64220   27.8211  5.4067 0.0212
## Ad vs Fatorial     1 129.90706 129.90706 25.2458  3e-04
## Residuo           12  61.74832   5.14569
## Total             20 915.56264
## ------------------------------------------------------------------------
## CV = 16.78 %
##
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p:  0.005429092
## ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!
## ------------------------------------------------------------------------
## Contraste do tratamento adicional com o fatorial
## ------------------------------------------------------------------------
##             Medias
## Adicional 19.60692 a
## Fatorial  12.49922 b
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
##
## Desdobrando  Fertilizante  dentro de cada nivel de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                       GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                  2   4.56666   2.28333  0.4437 0.6518
## Dose                   2 537.58732 268.79366 52.2366      0
## Fertilizante:Dose 50   1  37.65185  37.65185  7.3172 0.0191
## Fertilizante:Dose 100  1   1.93589   1.93589  0.3762 0.5511
## Fertilizante:Dose 200  1 142.16555 142.16555 27.6281  2e-04
## Ad vs Fatorial         1 129.90706 129.90706 25.2458  3e-04
## Residuo               12  61.74832   5.14569
## Total                 20 915.56264
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  50  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     19.87769
##  b    SAuranio    14.86758
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  100  de  Dose
##
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
##        Niveis   Medias
## 1 Sacomercial 15.82536
## 2    SAuranio 14.68932
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Fertilizante  dentro do nivel  200  de  Dose
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Sacomercial     9.73535
##  b    SAuranio    0
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
## Desdobrando  Dose  dentro de cada nivel de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
## Quadro da analise de variancia
## ------------------------------------------------------------------------
##                               GL        SQ        QM      Fc  Pr>Fc
## Bloco                          2   4.56666   2.28333  0.4437 0.6518
## Fertilizante                   1 126.11109 126.11109 24.5081  3e-04
## Dose:Fertilizante Sacomercial  2 156.37672  78.18836 15.1949  5e-04
## Dose:Fertilizante SAuranio     2 436.85280  218.4264 42.4484      0
## Ad vs Fatorial                 1 129.90706 129.90706 25.2458  3e-04
## Residuo                       12  61.74832   5.14569
## Total                         20 915.56264
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##
##  Dose  dentro do nivel  Sacomercial  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      19.87769
## a     100     15.82536
##  b    200     9.73535
## ------------------------------------------------------------------------
##
##
##  Dose  dentro do nivel  SAuranio  de  Fertilizante
## ------------------------------------------------------------------------
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
## Grupos Tratamentos Medias
## a     50      14.86758
## a     100     14.68932
##  b    200     0
## ------------------------------------------------------------------------
```

ACUMULO MASSA SECA PAINEIRA

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
------------------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------------
                   DF          SS           MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante        1   109.2981   109.29811  0.4489 0.5138
Dose                2 31720.2442 15860.12209 65.1388      0
Fertilizante*Dose   2  7718.0951  3859.04754 15.8494  3e-04
Ad vs Factorial     1   532.9029    532.9029  2.1887 0.1612
Residuals          14  3408.7463   243.48188
Total              20 43489.2866
------------------------------------------------------------------------
--
CV = 3.16 %
------------------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.2540799
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
```

```
residuals can be considered normal.
-----------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
-----------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
             Means
Additional 50.88667
Factorial  65.28250
-----------------------------------------------------------------
Significant interaction: analyzing the interaction
-----------------------------------------------------------------
Analyzing  Fertilizante  inside of each level of  Dose
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                      DF         SS          MS      Fc  Pr>Fc
Dose                   2 31720.2442 15860.12209 65.1388      0
Fertilizante:Dose 50   1   475.5270   475.52704   1.953  0.184
Fertilizante:Dose 100  1  5961.0624   5961.0624 24.4826  2e-04
Fertilizante:Dose 200  1  1390.8038  1390.80375  5.7121 0.0315
Ad vs Factorial        1   532.9029    532.9029  2.1887 0.1612
Residuals             14  3408.7463   243.48188
Total                 20 43489.2866
-----------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  50  of  Dose

According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
-----------------------------------------------------------------
       Levels     Means
1 Sacomercial   126.855
2    SAuranio   109.050
-----------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  100  of  Dose
-----------------------------------------------------------------
Tukey's test
-----------------------------------------------------------------
Groups Treatments Means
a      SAuranio    94.19
 b     Sacomercial       31.15
-----------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  200  of  Dose
-----------------------------------------------------------------
Tukey's test
-----------------------------------------------------------------------
--
Groups Treatments Means
a      Sacomercial       30.45
 b     SAuranio    0
-----------------------------------------------------------------
Analyzing  Dose  inside of each level of  Fertilizante
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                              DF         SS         MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante                   1   109.2981  109.29811  0.4489 0.5138
Dose:Fertilizante Sacomercial  2 18453.8610 9226.93053 37.8958      0
```

```
Dose:Fertilizante SAuranio     2 20984.4782 10492.2391 43.0925      0
Ad vs Factorial                1   532.9029   532.9029  2.1887 0.1612
Residuals                     14  3408.7463  243.48188
Total                         20 43489.2866
------------------------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  Sacomercial  of  Fertilizante
------------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0 127.2050    11.0336     11.5289    0
b1 -0.5519      0.0834     -6.6168 0.00001
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.577669
--------

Analysis of Variance of linear model
=========================================================
              DF     SS          MS       Fc   p.value
---------------------------------------------------------
Linear Effect 1  10,660.2200 10,660.2200 43.78  1e-05
Lack of fit   1  7,793.6370  7,793.6370  32.01  6e-05
Residuals     14 3,408.7460   243.4819
---------------------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0 286.1300    30.1795     9.4809     0
b1 -3.8212      0.5838     -6.5449 0.00001
b2  0.0127      0.0022     5.6577  0.0001
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
=========================================================
                 DF     SS          MS       Fc   p.value
---------------------------------------------------------
Linear Effect    1  10,660.2200 10,660.2200 43.78  1e-05
Quadratic Effect 1  7,793.6370  7,793.6370  32.01  6e-05
Lack of fit      0       0           0        0      1
Residuals        14 3,408.7460   243.4819
---------------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  SAuranio  of  Fertilizante
------------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
------------------------------------------------------------------
Linear Model
```

```
========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
----------------------------------------
b0 156.1450    11.0336     14.1517    0
b1 -0.7577      0.0834     -9.0844    0
----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.957557
--------

Analysis of Variance of linear model
=====================================================
              DF     SS          MS       Fc   p.value
-----------------------------------------------------
Linear Effect 1  20,093.8300 20,093.8300 82.53    0
Lack of fit   1   890.6531    890.6531   3.66  0.07648
Residuals     14 3,408.7460   243.4819
-----------------------------------------------------
Quadratic Model
========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
----------------------------------------
b0 102.4200    30.1795     3.3937  0.0044
b1  0.3475      0.5838     0.5952  0.5612
b2 -0.0043      0.0022     -1.9126 0.0765
----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
=======================================================
                 DF     SS          MS       Fc   p.value
-------------------------------------------------------
Linear Effect    1  20,093.8300 20,093.8300 82.53    0
Quadratic Effect 1   890.6531    890.6531   3.66  0.07648
Lack of fit      0       0           0        0      1
Residuals        14 3,408.7460   243.4819
-------------------------------------------------------
```

ACUMULO NITROGÊNIO PAINEIRA

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                  DF       SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1  0.70269 0.70269  2.2955  0.152
Dose               2 10.69470 5.34735 17.4685  2e-04
```

```
Fertilizante*Dose  2  5.16450 2.58225  8.4356 0.0039
Ad vs Factorial    1  2.80527 2.80527  9.1641  0.009
Residuals         14  4.28559 0.30611
Total             20 23.65276
------------------------------------------------------------------
CV = 107.8 %
------------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.06643137
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
              Means
Additional 0.4166667 a
Factorial  1.4611463 b
------------------------------------------------------------------
Significant interaction: analyzing the interaction
------------------------------------------------------------------
Analyzing  Fertilizante  inside of each level of  Dose
------------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                      DF       SS      MS      Fc  Pr>Fc
Dose                   2 10.69470 5.34735 17.4685  2e-04
Fertilizante:Dose 50   1  0.44829 0.44829  1.4645 0.2463
Fertilizante:Dose 100  1  3.96038 3.96038 12.9376 0.0029
Fertilizante:Dose 200  1  1.45852 1.45852  4.7646 0.0466
Ad vs Factorial        1  2.80527 2.80527  9.1641  0.009
Residuals             14  4.28559 0.30611
Total                 20 23.65276
------------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  50  of  Dose

According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
       Levels     Means
1 Sacomercial  2.105795
2    SAuranio  2.652476
------------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  100  of  Dose
------------------------------------------------------------------
Tukey's test
------------------------------------------------------------------
Groups Treatments Means
a      SAuranio    2.323708
 b     Sacomercial       0.6988221
------------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  200  of  Dose
------------------------------------------------------------------
Tukey's test
------------------------------------------------------------------
Groups Treatments Means
a      Sacomercial       0.986076
 b     SAuranio    0
------------------------------------------------------------------
```

```
Analyzing  Dose  inside of each level of  Fertilizante
-----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------
                              DF       SS      MS     Fc  Pr>Fc
Fertilizante                   1  0.70269 0.70269 2.2955  0.152
Dose:Fertilizante Sacomercial  2  3.31586 1.65793 5.4161 0.0181
Dose:Fertilizante SAuranio     2 12.54334 6.27167 20.488  1e-04
Ad vs Factorial                1  2.80527 2.80527 9.1641  0.009
Residuals                     14  4.28559 0.30611
Total                         20 23.65276
-----------------------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  Sacomercial  of  Fertilizante
-----------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
-----------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  1.9622      0.3912     5.0155  0.0002
b1 -0.0060      0.0030     -2.0248 0.0624
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.378478
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS    Fc  p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  1.2550 1.2550 4.1  0.0624
Lack of fit   1  2.0609 2.0609 6.73 0.0212
Residuals     14 4.2856 0.3061
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  4.5465      1.0701     4.2487  0.0008
b1 -0.0592      0.0207     -2.8573 0.0127
b2  0.0002      0.0001     2.5947  0.0212
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
=============================================
                 DF   SS     MS    Fc  p.value
---------------------------------------------
Linear Effect    1  1.2550 1.2550 4.1  0.0624
Quadratic Effect 1  2.0609 2.0609 6.73 0.0212
Lack of fit      0    0      0     0      1
```

```
Residuals        14 4.2856 0.3061
-----------------------------------------------
 Dose  inside of the level  SAuranio  of  Fertilizante
---------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
---------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  3.8143      0.3912     9.7497     0
b1 -0.0185      0.0030     -6.2476 0.00002
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.952574
--------

Analysis of Variance of linear model
================================================
              DF   SS      MS     Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect 1  11.9484 11.9484 39.03  2e-05
Lack of fit   1  0.5949  0.5949  1.94  0.18504
Residuals     14 4.2856  0.3061
------------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  2.4259      1.0701     2.2670  0.0398
b1  0.0101      0.0207     0.4872  0.6336
b2 -0.0001      0.0001     -1.3940 0.1850
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                 DF   SS      MS     Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  11.9484 11.9484 39.03  2e-05
Quadratic Effect 1  0.5949  0.5949  1.94  0.18504
Lack of fit      0     0       0      0      1
Residuals        14 4.2856  0.3061
------------------------------------------------
```

ACUMULO FÓSFORO PAINEIRA

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
---------------------------------------------------------------
```

```
Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                  DF      SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1 0.01635 0.01635  7.9653 0.0136
Dose               2 0.06572 0.03286 16.0082  2e-04
Fertilizante*Dose  2 0.01592 0.00796  3.8775 0.0457
Ad vs Factorial    1 0.00713 0.00713  3.4746 0.0834
Residuals         14 0.02874 0.00205
Total             20 0.13387
------------------------------------------------------------------
CV = 1490.9 %
------------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.03980133
WARNING: at 5% of significance, residuals can not be considered
normal!
------------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
------------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
              Means
Additional 0.1400000
Factorial  0.0873324
------------------------------------------------------------------
Significant interaction: analyzing the interaction
------------------------------------------------------------------
Analyzing  Fertilizante  inside of each level of  Dose
------------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
------------------------------------------------------------------
                      DF      SS      MS      Fc  Pr>Fc
Dose                   2 0.06572 0.03286 16.0082  2e-04
Fertilizante:Dose 50   1 0.00845 0.00845  4.1164 0.0619
Fertilizante:Dose 100  1 0.02329 0.02329 11.3449 0.0046
Fertilizante:Dose 200  1 0.00053 0.00053  0.2589 0.6188
Ad vs Factorial        1 0.00713 0.00713  3.4746 0.0834
Residuals             14 0.02874 0.00205
Total                 20 0.13387
------------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  50  of  Dose

According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
------------------------------------------------------------------
       Levels     Means
1 Sacomercial 0.1191485
2    SAuranio 0.1942054
------------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  100  of  Dose
------------------------------------------------------------------
Tukey's test
------------------------------------------------------------------
Groups Treatments Means
a      SAuranio    0.1582111
 b     Sacomercial       0.03360754
------------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  200  of  Dose
```

```
According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
----------------------------------------------------------------
       Levels      Means
1 Sacomercial 0.01882183
2    SAuranio 0.00000000
----------------------------------------------------------------
Analyzing  Dose  inside of each level of  Fertilizante
----------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
----------------------------------------------------------------
                              DF      SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante                   1 0.01635 0.01635  7.9653 0.0136
Dose:Fertilizante Sacomercial  2 0.01760  0.0088  4.2871 0.0353
Dose:Fertilizante SAuranio     2 0.06404 0.03202 15.5985  3e-04
Ad vs Factorial                1 0.00713 0.00713  3.4746 0.0834
Residuals                     14 0.02874 0.00205
Total                         20 0.13387
----------------------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  Sacomercial  of  Fertilizante
----------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
----------------------------------------------------------------
Linear Model
========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
----------------------------------------
b0  0.1265      0.0320     3.9497  0.0014
b1 -0.0006      0.0002     -2.4544 0.0278
----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.702649
--------

Analysis of Variance of linear model
============================================
              DF   SS     MS    Fc  p.value
--------------------------------------------
Linear Effect 1  0.0124 0.0124 6.02 0.02781
Lack of fit   1  0.0052 0.0052 2.55 0.13266
Residuals     14 0.0287 0.0020
--------------------------------------------
Quadratic Model
========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
----------------------------------------
b0  0.2568      0.0876     2.9303  0.0110
b1 -0.0033      0.0017     -1.9311 0.0740
b2 0.00001     0.00001     1.5969  0.1326
----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-
```

```
Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                  DF   SS     MS    Fc  p.value
------------------------------------------------
Linear Effect     1  0.0124 0.0124 6.02 0.02781
Quadratic Effect 1  0.0052 0.0052 2.55 0.13262
Lack of fit       0    0      0     0      1
Residuals         14 0.0287 0.0020
------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  SAuranio  of  Fertilizante
-----------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
-----------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.2733      0.0320     8.5309     0
b1 -0.0013      0.0002     -5.5155 0.0001
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.975156
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS    Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  0.0624 0.0624 30.42  8e-05
Lack of fit   1  0.0016 0.0016 0.78  0.39353
Residuals     14 0.0287 0.0020
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  0.2015      0.0876     2.2989  0.0374
b1  0.0001      0.0017     0.0840  0.9343
b2 -0.00001    0.00001     -0.8809 0.3932
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                  DF   SS     MS    Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect     1  0.0624 0.0624 30.42  8e-05
Quadratic Effect 1  0.0016 0.0016 0.78  0.39323
Lack of fit       0    0      0      0      1
Residuals         14 0.0287 0.0020
------------------------------------------------
```

ACUMULO POTÁSSIO PAINEIRA

```
Legenda:
FACTOR 1:  Fertilizante
FACTOR 2:  Dose
-------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-------------------------------------------------------------
                  DF       SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante       1  0.00821 0.00821   0.058 0.8131
Dose               2 11.55148 5.77574 40.8207      0
Fertilizante*Dose  2  2.09918 1.04959  7.4181 0.0064
Ad vs Factorial    1  0.01548 0.01548  0.1094 0.7457
Residuals         14  1.98087 0.14149
Total             20 15.65522
-------------------------------------------------------------
CV = 189.9 %
-------------------------------------------------------------
Shapiro-Wilk normality test
p-value:  0.2687482
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,
residuals can be considered normal.
-------------------------------------------------------------
Contrast of the additional treatment with the factorial
-------------------------------------------------------------
According to the F test, the means of the two groups are statistical
equal.
              Means
Additional 0.9866667
Factorial  1.0642554
-------------------------------------------------------------
Significant interaction: analyzing the interaction
-------------------------------------------------------------
Analyzing  Fertilizante  inside of each level of  Dose
-------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-------------------------------------------------------------
                      DF       SS      MS      Fc  Pr>Fc
Dose                   2 11.55148 5.77574 40.8207      0
Fertilizante:Dose 50   1  0.75302 0.75302  5.3221 0.0369
Fertilizante:Dose 100  1  1.20475 1.20475  8.5147 0.0112
Fertilizante:Dose 200  1  0.14962 0.14962  1.0574 0.3212
Ad vs Factorial        1  0.01548 0.01548  0.1094 0.7457
Residuals             14  1.98087 0.14149
Total                 20 15.65522
-------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  50  of  Dose
-------------------------------------------------------------
Tukey's test
-------------------------------------------------------------
Groups Treatments Means
a      Sacomercial       2.46036
 b     SAuranio    1.75183
-------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  100  of  Dose
-------------------------------------------------------------
Tukey's test
```

```
---------------------------------------------------------------
Groups Treatments Means
a      SAuranio    1.376858
 b     Sacomercial       0.4806606
---------------------------------------------------------------
 Fertilizante  inside of the level  200  of  Dose

According to the F test, the means of this factor are statistical
equal.
---------------------------------------------------------------
       Levels     Means
1 Sacomercial 0.3158249
2    SAuranio 0.0000000
---------------------------------------------------------------
Analyzing  Dose  inside of each level of  Fertilizante
---------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
---------------------------------------------------------------
                              DF       SS      MS      Fc  Pr>Fc
Fertilizante                   1  0.00821 0.00821   0.058 0.8131
Dose:Fertilizante Sacomercial  2  8.54541  4.2727 30.1978      0
Dose:Fertilizante SAuranio     2  5.10525 2.55262  18.041  1e-04
Ad vs Factorial                1  0.01548 0.01548  0.1094 0.7457
Residuals                     14  1.98087 0.14149
Total                         20 15.65522
---------------------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  Sacomercial  of  Fertilizante
---------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
---------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  2.5428      0.2660     9.5600     0
b1 -0.0125      0.0020     -6.2120 0.00002
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.638936
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS    Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  5.4600 5.4600 38.59  2e-05
Lack of fit   1  3.0854 3.0854 21.81 0.00036
Residuals     14 1.9809 0.1415
---------------------------------------------------------------

Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  5.7049      0.7275     7.8416     0
b1 -0.0775      0.0141     -5.5093 0.0001
```

```
b2  0.0003     0.00005     4.6698  0.0004
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
                 DF   SS     MS    Fc   p.value
------------------------------------------------
Linear Effect    1  5.4600 5.4600 38.59  2e-05
Quadratic Effect 1  3.0854 3.0854 21.81 0.00036
Lack of fit      0    0      0      0      1
Residuals        14 1.9809 0.1415
------------------------------------------------
 Dose  inside of the level  SAuranio  of  Fertilizante
-------------------------------------------------------------------
Adjustment of polynomial models of regression
   ---------------------------------------------------------------
Linear Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  2.4403      0.2660     9.1746     0
b1 -0.0120      0.0020     -5.9571 0.00004
-----------------------------------------

R2 of linear model
--------
0.983503
--------

Analysis of Variance of linear model
=============================================
              DF   SS     MS    Fc   p.value
---------------------------------------------
Linear Effect 1  5.0210 5.0210 35.49  4e-05
Lack of fit   1  0.0842 0.0842  0.6  0.45323
Residuals     14 1.9809 0.1415
---------------------------------------------
Quadratic Model
=========================================
   Estimate Standard.Error   tc    p.value
-----------------------------------------
b0  1.9178      0.7275     2.6361  0.0196
b1 -0.0012      0.0141     -0.0874 0.9316
b2 -0.00004    0.00005     -0.7715 0.4532
-----------------------------------------

R2 of quadratic model
-
1
-

Analysis of Variance of quadratic model
================================================
```

	DF	SS	MS	Fc	p.value
Linear Effect	1	5.0210	5.0210	35.49	4e-05
Quadratic Effect	1	0.0842	0.0842	0.6	0.45323
Lack of fit	0	0	0	0	1
Residuals	14	1.9809	0.1415		

Anexo 14 – Resultados da análise radiológica do solo natural do site da INB realizada no LAASC

- SOLO NATURAL DO CAMPO SITE DA INB

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	622	σN=	29,23	4,7
Net área BG =	17,8	σarea BG=	4	
Contagem BG =	17,8			

Net Area	604,2	σN=	33
Eficiencia	1,97E-02	σE=	7,89E-04
Tempo de contagem (s)	7072		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,15997	σm=	0
Atividade (Bq) =	70,88	σA=	4,05
	66,827		
	74,925		
MDA (Bq.Kg-1)=	3,19	95% de confiança	

		Erro	%
CONTAGEM DO PICO EM 186 keV	248	40,8952	16,49
EFICIENCIA EM 186 keV	0,05274	0,0045	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	66,7	9,4	

Atividade do U-235	0,80	1,37

Anexo 15 – Resultados das análises radiológicas das plantas do site da INB realizadas no LAASC

AM1(aroeira folhas SAI 200)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238				
				Qto %
Area Bruta	45	σN=	11,70	26
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			
Net Area	9	σN=	16	
Eficiencia	2,62E-02	σE=	1,05E-03	
Tempo de contagem (s)	14400			
Prob. de emissão (<1)	0,4549			
Massa da amostra (Kg)	0,05268	σm=	0	
Atividade (Bq) =	1,19	σA=	1,74	
	-0,552 2,923			
MDA (Bq.Kg-1)=	6,75	95% de confiança		

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	134	27,1484	20,26
EFICIENCIA EM 186 keV	7,55E-02	0,0055	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	1,99	0,84

AM2 (aroeira folhas SAC 200)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	90	σN=	15,30	17
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	54	σN=	19
Eficiencia	2,24E-02	σE=	8,95E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,06356	σm=	0
Atividade (Bq) =	6,90	σA=	2,08
	4,815		
	8,983		
MDA (Bq.Kg-1)=	6,54	95% de confiança	

		Erro	%	
Area DO PICO EM 186 keV	111	28,86		26
EFICIENCIA EM 186 keV	6,40E-02	0,0055		
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364			
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57			
Área no BG	120	8		

Atividade do U-235	0,89	0,87

AM3 (PAINEIRA folhas e galhos SAC 200)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	47	σN=	12,22	26
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	11	σN=	16
Eficiencia	3,57E-02	σE=	1,43E-03
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,01743	σm=	0
Atividade (Bq) =	3,21	σA=	3,98
	-0,767		
	7,185		
MDA (Bq.Kg-1)=	14,94	95% de confiança	

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	163	26,08	16
EFICIENCIA EM 186 keV	1,06E-01	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	6,16	1,77

AM4 (PAINEIRA folhas e galhos - SAI 200)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	28	σN=	11,76	42
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	-8	σN=	16
Eficiencia	2,26E-02	σE=	9,05E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,0507	σm=	0
Atividade (Bq) =	-1,27	σA=	2,10
	-3,366 0,831		
MDA (Bq.Kg-1)=	8,11	95% de confiança	

		Erro	%
Area DO PICO EM 186 keV	118	27,14	23
EFICIENCIA EM 186 keV	6,53E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	1,97	1,01

AM5 (aroeira GALHOS SAC 200)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	50	σN=	12,50	25
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	14	σN=	17
Eficiencia	2,31E-02	σE=	9,26E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,02421	σm=	0
Atividade (Bq) =	4,54	σA=	4,50
	0,043		
	9,040		
MDA (Bq.Kg-1)=	16,61	95% de confiança	

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	100	27	27
EFICIENCIA EM 186 keV	6,80E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	2,17	2,03

AM8 (aroeira folhas SAC 100)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	194	σN=	18,00	9,28
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	158	σN=	22
Eficiencia	2,32E-02	σE=	9,26E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,0706	σm=	0
Atividade (Bq) =	17,56	σA=	2,14
	15,424		
	19,699		
MDA (Bq.Kg-1)=	5,69	95% de confiança	

		Erro	%
Area DO PICO EM 186 keV	192	28,224	14,7
EFICIENCIA EM 186 keV	6,60E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	
Atividade do U-235	2,15	0,85	

AM10 (Paineira folhas e galhos SAC 100)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	36	σN=	12,46	34,6
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	0	σN=	16
Eficiencia	2,34E-02	σE=	9,34E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,04357	σm=	0
Atividade (Bq) =	0,00	σA=	2,47
	-2,469		
	2,469		
MDA (Bq.Kg-1)=	9,15	95% de confiança	

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	196	26,6756	13,61
EFICIENCIA EM 186 keV	6,72E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	
Atividade do U-235	5,38	1,24	

AM11 (Paineira folhas e galhos SAI 100)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	56	σN=	13,64	24,35
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	20	σN=	18
Eficiencia	2,37E-02	σE=	9,48E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,05139	σm=	0
Atividade (Bq) =	2,98	σA=	2,21
	0,771		
	5,195		
MDA (Bq.Kg-1)=	7,64	95% de confiança	

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	227	25,5375	11,25
EFICIENCIA EM 186 keV	6,85E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	
Atividade do U-235	5,35	1,13	

AM12 (aroeira folhas SAI 50)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	23	σN=	15,41	67
Net área BG =	36	$\sigma_{area\ BG}$=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	-13	σN=	19
Eficiencia	2,32E-02	σE=	9,26E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,06735	σm=	0
Atividade (Bq) =	0,00	σA=	1,90
	-1,900		
	1,900		
MDA (Bq.Kg-1)=	5,97	95% de confiança	

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	145	27,579	19,02
EFICIENCIA EM 186 keV	6,60E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	2,14	0,78

AM14 (Paineira folhas e galhos SAI 50)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	12	σN=	13,20	110
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	-24	σN=	17
Eficiencia	2,34E-02	σE=	9,34E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,04497	σm=	0
Atividade (Bq) =	0,00	σA=	2,50
	-2,504		
	2,504		
MDA (Bq.Kg-1)=	8,86	95% de confiança	

		Erro	%
Area DO PICO EM 186 keV	144	25,6896	17,84
EFICIENCIA EM 186 keV	6,72E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	3,12	1,06

AM15 (Paineira folhas e galhos SAC 50)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	44	σN=	12,76	29
Net área BG =	36	$\sigma_{area\ BG}$=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	8	σN=	17
Eficiencia	2,34E-02	σE=	9,34E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,04264	σm=	0
Atividade (Bq) =	0,00	σA=	2,57
	-2,570		
	2,570		
MDA (Bq.Kg-1)=	9,35	95% de confiança	

		Erro	%
Área DO PICO EM 186 keV	187	26,18	14
EFICIENCIA EM 186 keV	6,72E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	5,12	1,22

AM17 (aroeira folhas SAC 50)

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	79	σN=	14,46	18,31
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	43	σN=	18
Eficiencia	2,32E-02	σE=	9,26E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,0694	σm=	0
Atividade (Bq) =	4,86	σA=	1,76
	3,101		
	6,623		
MDA (Bq.Kg-1)=	5,79	95% de confiança	

		Erro	%
Area DO PICO EM 186 keV	167	27,889	16,7
EFICIENCIA EM 186 keV	6,60E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG	120	8	

Atividade do U-235	2,36	0,80

AM18

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	76	σN=	14,44	19
Net área BG =	36	σarea BG=	4	
Contagem BG =	73			

Net Area	40	σN=	18
Eficiencia	2,37E-02	σE=	9,48E-04
Tempo de contagem (s)	14400		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,04727	σm=	0
Atividade (Bq) =	6,49	σA=	2,52
	3,965		
	9,007		
MDA (Bq.Kg-1)=	8,30	95% de confiança	

		Erro	%	
Área DO PICO EM 186 keV	256	28,16		11
EFICIENCIA EM 186 keV	6,85E-02	0,0090		
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364			
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57			
Área no BG	120	8		

Atividade do U-235	6,70	1,40

AM19

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	272	σN=	13,60	5

Net área BG =	65	σarea BG=	28
Contagem BG =			

Net Area	222	σN=	55
Eficiencia	1,55E-02	σE=	2,00E-03
Tempo de contagem (s)	43200		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,06655	σm=	0
Atividade (Bq) =	13,00	σA=	3,05
	9,951 16,043		
MDA (Bq.Kg-1)=	0,22	95% de confiança	

		Erro	%
Area DO PICO EM 186 keV	402	63	11
EFICIENCIA EM 186 keV	4,43E-02	0,0090	
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364		
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57		
Área no BG em 186 keV	153	36	

Atividade do U-235	3,79	1,53

AM20

Ra-226 / Bi-214 (609 keV)- Se considerar equilíbrio da série: U-238

				Qto %
Area Bruta	272	σN=	51,68	19
Net área BG =	65	σarea BG=	28	
Contagem BG =				

Net Area	141	σN=	53
Eficiencia	1,55E-02	σE=	2,00E-03
Tempo de contagem (s)	43200		
Prob. de emissão (<1)	0,4549		
Massa da amostra (Kg)	0,06262	σm=	0
Atividade (Bq) =	8,77	σA=	2,93
	5,846		
	11,700		
MDA (Bq.Kg-1)=	0,24	95% de confiança	

		Erro	%	
Area DO PICO EM 186 keV	261	95		11
EFICIENCIA EM 186 keV	4,43E-02	0,0090		
Percentual de decaimento de Ra-226 no 186 keV	0,0364			
Percentual de decaimento de U-235 no 186 keV	0,57			
Área no BG em 186 keV	153	36		

Atividade do U-235	2,28	1,51

Resumo das Concentrações de Atividades (CA)

	Ra-226		U-235	
	CA	Inc	CA	Inc
AM 6				
AM 7				
AM 8	17,56	2,14	2,15	0,85
AM 9				
AM 10	0,00	0	5,38	1,24
AM 11	< 7.64		5,35	1,13
AM 12			2,14	0,78
AM 13				
AM 14			3,12	1,06
AM 15			5,12	1,22
AM 16				
AM 17	< 5.79		2,36	0,80
AM 18	< 8.30		6,70	1,40
AM 19	13,00	3,05	3,79	1,53
AM 20	8,77	2,93	2,28	1,51

AMOSTRAS ACIMA DO BG

	area	%	erro		Area lìquida	
AM6	88	30	26,4	-32	34,4
AM7	68	42,72	29,0	-52	37,0
AM8	192	14,7	28,2	72	36,2
AM9	108	25,41	27,4	-12	35,4
AM10	196	13,61	26,7	76	34,7
AM11	227	11,25	25,5	107	33,5
AM12	145	19,2	27,8	25	35,8
AM13	112	24	26,9	-8	34,9
AM14	144	17,84	25,7	24	33,7
AM15	187	14	26,2	67	34,2
AM16	103	26	26,8	-17	34,8
AM17	167	16,69	27,9	47	35,9
AM18	256	11	28,2	136	36,2
AM19					
AM20					

Anexo 16 – Certificado de apresentação de resumo RAIC 2020 e RAIDTec 2020 DA UFRRJ

Verifique o código de autenticidade 6726240.0747284.461644.9.0929644080976816288 em https://www.even3.com.br/documentos

RAIC 2020 & RAIDTEC 2020

VIII REUNIÃO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ

II REUNIÃO ANUAL DE INICIAÇÃO EM INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

9 a 14 de agosto

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO UFRRJ

Certificamos que o trabalho intitulado **REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CARBONATADA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÓ DE DIÓXIDO DE URÂNIO (UO2) VIA ÚMIDA EM FERTILIZANTE NITROGENADO EM CULTIVO DE RÚCULA (Eruca sativa L.) E RABANETE (Raphanus sativus L.)** de autoria de Cyndi dos Santos Ferreira, Ronaldo Furtado Viera, Felipe da Costa Brasil, Anderson C. Ferrari, Wagner Pereira e Everaldo Zonta, foi aceito para apresentação na modalidade Resumo: RAIDTec, área CA: Agronomia, no evento **VIII Reunião Anual de Iniciação Científica (RAIC 2020) e II Reunião Anual de Iniciação em Inovação e Desenvolvimento Tecnológico (RAIDTec 2020) - UFRRJ**.

Seropédica, 14 de Agosto de 2021.

Profª Drª Lúcia Helena Cunha dos Anjos
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Leandro Dias de Oliveira
Coordenador de Pesquisa
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro