

### AMOSTRAGEM PARA MASSA SECA DE RAÍZES E ANÁLISES DE SOLOS EM EXPERIMENTOS DE FORRAGICULTURA

**Tiago Barbalho André<sup>1</sup>;**

Doutor na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/2856004671377237>

**Sâmia Alves Lopes<sup>2</sup>;**

Doutoranda na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/3750657311065311>

**Kaio Cesar Lima Vale<sup>3</sup>;**

Doutorando na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/5341245799617513>

**Lucas Siqueira Guimarães<sup>4</sup>;**

Mestrando na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/0880315581547027>

**Kattyely Araújo Sousa<sup>5</sup>;**

Mestranda na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/9541821421918119>

**Jamille Araujo Oliveira<sup>6</sup>;**

Graduanda na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/9477021207610091>

**Gabriela Almerinda Alves Silva<sup>7</sup>;**

Graduanda na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/7110937605483691>

**José Geraldo Donizetti dos Santos<sup>8</sup>;**

Professor Associado na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/2261202376696068>

**Antonio Clementino dos Santos<sup>9</sup>.**

Professor Titular na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína,

Tocantins.

<http://lattes.cnpq.br/9944813895414801>

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi auxiliar os estudantes de graduação e pós-graduação no ato da amostragem para obtenção da massa seca de raízes (MSR) e aproveitamento para análises de solos em experimentos de forragicultura e pastagem, de forma a instruir o passo a passo, para assegurar uma boa extração de dados no decorrer do experimento, que pode ser aplicada em delineamento inteiramente casualizado (DIC), que geralmente é utilizado em casas de vegetação, mas também em campo, ou em delineamento em blocos casualizados (DBC), amplamente utilizado em experimentos agrônômicos. A análise de tecido a partir do material radicular poderá promover avanços nos estudos de forragicultura e pastagem, bem como sua correlação parte aérea com parte radicular.

**PALAVRAS-CHAVE:** Forragem. Pastagem. Raíz.

### **SAMPLING FOR DRY ROOT MASS AND SOIL ANALYSIS IN FORAGE CULTURE EXPERIMENTS**

**ABSTRACT:** The objective of the work was to assist undergraduate and postgraduate students in the act of sampling to obtain the dry mass of roots (MSR) and use it for soil analysis in forage and pasture experiments, in order to instruct step by step, to ensure good data extraction throughout the experiment, which can be applied in a completely randomized design (DIC), which is generally used in greenhouses, but also in the field, or in a randomized block design (DBC), widely used in agronomic experiments. Tissue analysis from root material could promote advances in forage and pasture studies, as well as its correlation between aerial part and root part.

**KEY-WORDS:** Forage. Pasture. Root.

**ÁREA TEMÁTICA:** Pecuária

## **INTRODUÇÃO**

Produzir alimentos sustentáveis, socialmente justos e de forma a promover redução nos custos de produção é necessário pesquisa científica e intensa aplicação metodológica (ANDRÉ; SANTOS, 2012).

Assim experimentos de forragicultura, sejam voltados para produção em sistema sombreado (ANDRÉ, 2015), ou até mesmo com adoção de sistema irrigado (ANDRÉ, 2021), contribuem para geração de dados, com objetivo final de compor e sustentar as recomendações de fertilidade do solo e manejo das pastagens.

Contudo sejam nos mais antigos livros voltados para estudos em forragicultura e pastagem (NEIVA et al., 2015; RIBEIRO et al., 1999; SANTOS, 2008; SILVA, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2017), ou até mesmo em livros estatísticos (FAVERO; BELFIORE, 2017), ou em recentes boletins técnicos, comunicados técnicos, livro eletrônico, manuais e pdf (CANTARELLA et al., 2022; DIAS-FILHO, 2023; FERNANDES; VALOIS, 2021; SANTOS; NEIVA, 2022), encontramos dificuldade para encontrar um compilado que norteie a coleta de raízes em experimentos de forragicultura e pastagem, que pode contribuir na minimização de erros experimentais.

## OBJETIVO

O objetivo do trabalho é instruir os estudantes de graduação e pós-graduação, visando a organização e boas práticas laboratoriais e campo, frente a amostragem, para obtenção e cálculo da massa seca de raízes (MSR), análises de solos, voltadas para experimentos com forragicultura e pastagem.

## METODOLOGIA

Trataremos a seguir das práticas comumente adotada pelo Grupo de Estudos do Laboratório de Solos, no Centro de Ciências Agrárias – CCA, Araguaína, Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT, na condução de experimentos a campo.

### Da pré-amostragem.

Ficar ao sol é muito desgastante, logo evite a exposição, aumente as horas de trabalho no escritório. Sempre utilizem equipamentos de proteção individuais - EPI, como: bota, perneira, camisa de manga comprida (preferência UV), chapéu e protetor solar.

Antes do dia da amostragem de raízes e solos, faça uma lista de todo material necessário para realizar a operação, reúna e organize em local adequado, para no dia marcado, transportar ao campo, devolvendo no devido local e em boas condições após o uso (Tabela 1).

**Tabela 1:** Lista de materiais.

Quantidade	Unidade	Descrição
1	und	Trado tipo caneco (Ø100 mm com 1,5708 dm <sup>-3</sup> ).
1	und	Balde etiquetado análise química de solo 0 a 20 cm (plástico extraforte 12 litros preto).
1	und	Peneira construção areia fina (malha 3,5 x 6 mm ou 2,8 x 4,5 mm).
20	und	Saco etiquetado análise raízes 0 a 20 cm (saco plástico pequeno 12x24x0,007 cm).
20	und	Saco etiquetado análise química de solo 0 a 20 cm (saco plástico pequeno 12x24x0,007 cm).
1	und	Caixa térmica com gelo (minimizar desidratação das amostras). Mangueira acoplada à torneira de jardim com bom fluxo de água.
1	und	Peneira com malha de 2 mm (10 Mesh).
1	und	Saco etiquetado análise raízes 0 a 20 cm (sacos de papel Kraft 18x42 cm).
1	und	Garrafa térmica de 5 L de água.

No escritório, identifique embalagens plásticas ou de papel, com: nome do experimento (responsável), número da parcela, número do ciclo de colheita, data, tipo de análise (Figura 1).

**Figura 1:** Exemplo de etiquetas.



Fonte: @barbalhouft { [https://www.instagram.com/p/CqDpdNqu2WG/?img\\_index=8](https://www.instagram.com/p/CqDpdNqu2WG/?img_index=8) }.

Em sacos plásticos, que serão submetidos ao frio, utilize etiqueta escrita a lápis, pois tinta pode borrar com exposição da umidade (nome, data e número da parcela). Fixe a etiqueta com fita transparente grossa. Em sacos de papel, que será submetido a aquecimento, utilize lápis ou caneta permanente (nome, data e número da parcela).

O nome, data e parcela no saco amostral é extremamente importante, pois evita extravios de materiais, lembrem-se que trabalhamos com muitas pessoas, compartilhamos diversos materiais.

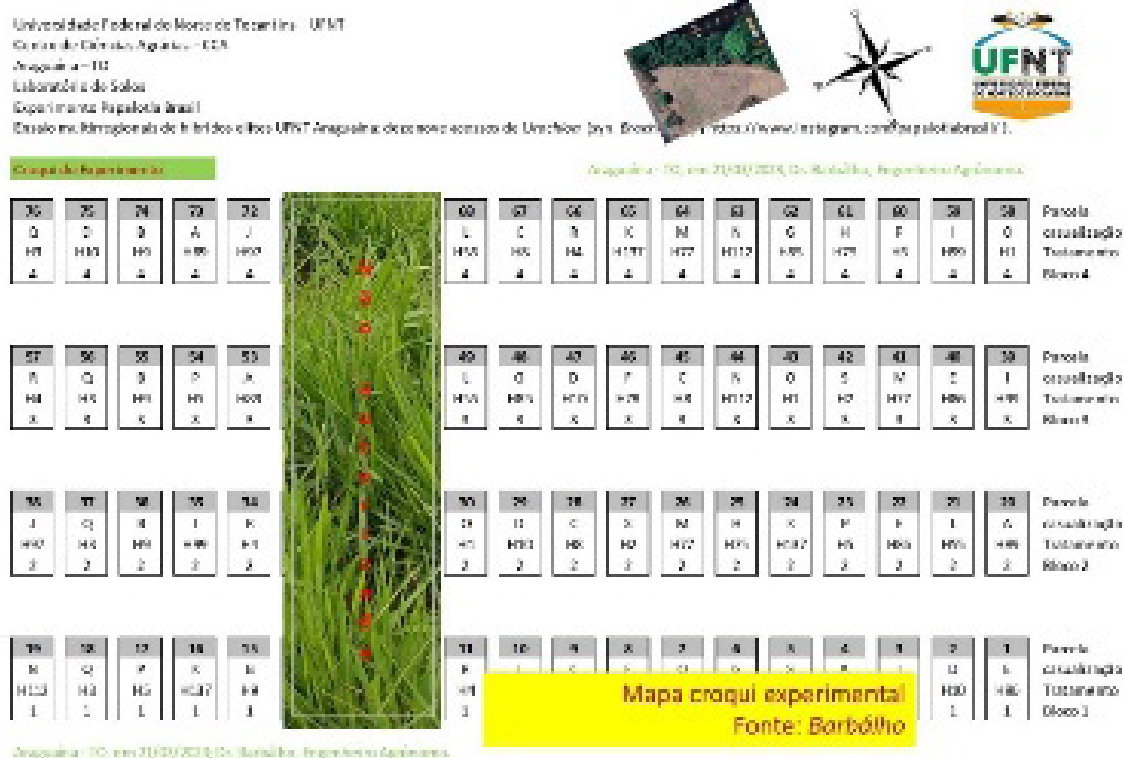
Não perca tempo identificando qual é o tratamento nas embalagens, pelo contrário, pelos princípios estatísticos é recomendável que o operador não saiba qual tratamento está sendo manuseado, portanto identifiquem as vossas parcelas por 1, 2, 3, ..., quem precisa saber o tratamento correspondente é a planilha Excel®, no ato do refinamento dos dados estatísticos. O operador a campo somente precisa saber o número da parcela que está desenvolvendo a atividade. Em casos extremos, consulte o mapa de tratamentos (Tabela 2 e Figura 2).

**Tabela 2:** Exemplo de mapa ou croqui e distribuição dos tratamentos.

Parcela 05 0 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 1	Parcela 10 100 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 2	Parcela 15 75 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 3	Parcela 20 25 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 4
Parcela 04 100 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 1	Parcela 09 50 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 2	Parcela 14 100 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 3	Parcela 19 100 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 4
Parcela 03 25 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 1	Parcela 08 0 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 2	Parcela 13 0 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 3	Parcela 18 75 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 4
Parcela 02 75 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 1	Parcela 07 25 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 2	Parcela 12 50 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 3	Parcela 17 50 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 4
Parcela 01 50 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 1	Parcela 06 75 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 2	Parcela 11 25 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 3	Parcela 16 0 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> de N Bloco 4

Fonte: ANDRÉ (2021).

**Figura 2:** Mapa ou croqui e distribuição dos tratamentos.



Fonte: @barbalhouft { [https://www.instagram.com/p/CqF-8qzOWRg/?img\\_index=1](https://www.instagram.com/p/CqF-8qzOWRg/?img_index=1) }.

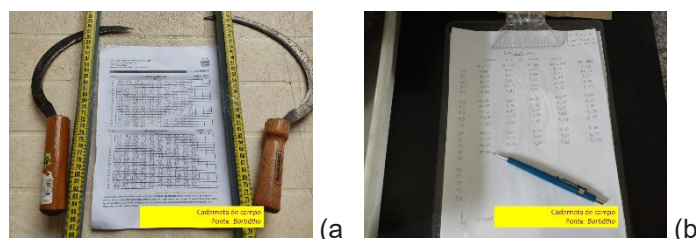
Material de consumo: sacos plásticos e de papel, luvas, máscaras, chapéu, camisa de manga comprida, perneira, detergente, bucha, pano, lápis, fita transparente grossa, caneta permanente, estilete, tesoura, régua, trena, pincel para limpeza do moinho, gasolina, óleo dois tempos, prancheta, caneta, ..., são materiais de consumo pessoal, utilizado no vosso experimento, logo cabe a você que é responsável pelo experimento, deslocar ao comercio local e realizar a aquisição.

A universidade não disponibiliza tais materiais, o programa de pós-graduação não disponibiliza.

O custeio, reparo e a maioria das reposições, geralmente é realizada diretamente por recursos pessoais, por doação, portanto fiscalize o seu colega de trabalho, para que ele não faça mau uso do pouco conseguido. Ajude a gerenciar e preservar os recursos.

Caderneta de campo: nada mais é que uma simples tabela impressa em papel, ou feita a mão, fixada em prancheta, utilizada para coletar dados no campo (Figura 3). Lembrem-se de preencher com lápis, pois tinta borra com gotículas de chuva ou orvalho da forragem. Não utilize recursos digitais como *smartphone*, *tablet*, *notebook* como caderneta de campo, pois a bateria sempre acaba, os dados podem não ser salvos, a mídia pode corromper, seu arquivo pode ser acidentalmente apagado. Várias fichas de papel podem ser resgatadas posteriormente em algum sinistro. Mídia apagadas não há resgate, comprometendo todo seu trabalho.

**Figura 3:** Caderneta de campo (impressa (a) ou a mão (b)).



Fonte: @barbalhouft { [https://www.instagram.com/p/CqDrtVqOx-7/?img\\_index=1](https://www.instagram.com/p/CqDrtVqOx-7/?img_index=1) }.

### Da operação de amostragem de raízes e solo.

Aprendam a trabalhar em série, a semelhança das fábricas industriais, ou seja, façam uma operação por vez e em todas as parcelas.

Na parcela, determine a touceira a ser amostrada, por exemplo pela altura representativa da parcela (Figura 4).

**Figura 4:** Determinação da altura do dossel forrageiro (bastão métrico (a) ou trena (b)).

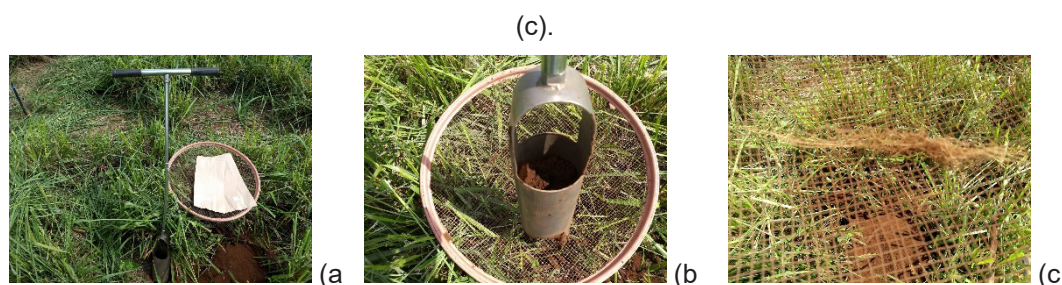


Fonte: @barbalhouft { [https://www.instagram.com/p/Cpn2BReOlq4/?img\\_index=9](https://www.instagram.com/p/Cpn2BReOlq4/?img_index=9) }.

Posicione o trado tipo caneco (Figura 5), na periferia da touceira escolhida (perímetro externo), de preferência na projeção do dossel forrageiro.

Uma vez determinado o ponto, introduza o trado no solo, gire no sentido horário, até atingir metade da altura determinada.

**Figura 5:** Trado tipo caneco ( $\varnothing 100$  mm com  $1,5708 \text{ dm}^3$ ), SondaTerra<sup>®</sup> (a e b), para amostragem de raízes



Fonte: Tese, pág. 243, ANDRÉ (2021).

Disponível em: [http://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFT\\_1c37dee7ece50afc0f2f39e461492a11](http://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFT_1c37dee7ece50afc0f2f39e461492a11) .

Acesso em: 09 ago. 2024.

Retire o trado contendo metade da amostra, deposite a metade da amostra sobre peneira de construção, como auxílio, utilize um cabo de vassoura para empurrar o solo até a peneira, que por sua vez é suportada por um balde plástico, previamente limpo com detergente neutro, em lavagem tripla.

Retorne o trado vazio até a fenda, repita a operação até a profundidade da amostra.

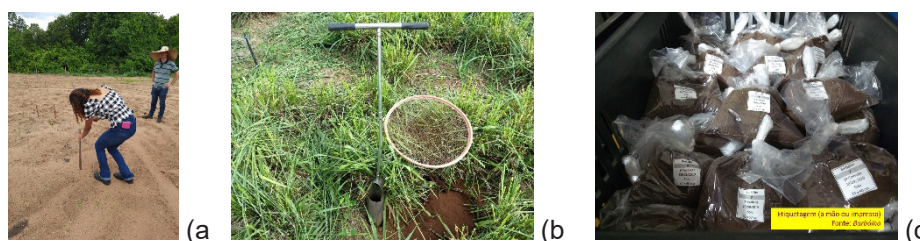
### **Deposite a nova metade na peneira.**

Insistir em penetrar o trado tipo caneco até a profundidade amostral, geralmente ocorrerá entupimento, dificultando a retirada da amostra do trado, aumentando o tempo de exposição ao sol do operador.

Duas metades na peneira, proceda a peneiração, separando raízes do solo.

O solo amostrado no balde poderá ter como destino a amostragem de solo, ou ser descartado na própria fenda, após a última profundidade de amostra retirada (Figura 6).

**Figura 6:** Amostragem de solo (sonda (a); trado tipo caneco (b); amostras de solo (c)).



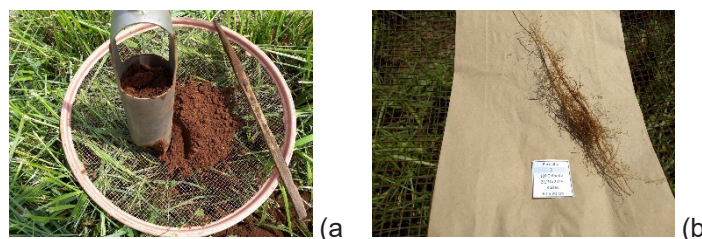
Fonte: @barbalhouft { [https://www.instagram.com/p/CmhnTr8P0P-/?img\\_index=9](https://www.instagram.com/p/CmhnTr8P0P-/?img_index=9) }.

As raízes coletadas na peneira de construção (Figura 7), ainda continuam “suja” de solo, porém nesse momento, essa é a sua amostra de raízes a campo, que deve ser acondicionada em saco plástico, armazenada em caixa térmica com gelo, posteriormente encaminhadas ao laboratório, para armazenamento em freezer, e posterior lavagem em água corrente.

O solo da camada em estudo, que foi peneirado para o balde, pode originar a amostra de solo, em aproveitamento da operação (raiz e solo).



**Figura 7:** Raízes “sujas” de solo.



Fonte: @barbalhouft { [https://www.instagram.com/p/CqDpdNqu2WG/?img\\_index=8](https://www.instagram.com/p/CqDpdNqu2WG/?img_index=8) }.

Repita o procedimento nas demais profundidades, amostrando em cada perfil raízes e solo, raízes e solo, raízes e solo...

Ao final da amostragem na parcela, devolva o solo excedente diretamente na fenda aberta, para evitar acidentes com animais e pessoas.

Avance à parcela número 2 e repita o procedimento, assim sucessivamente.

Para minimizar a desidratação, proceda o imediato congelamento das amostras de raízes.

### **Da lavagem das raízes em laboratório.**

Como o processo de lavar é muito demorado, normalmente descongela-se uma fração das amostras que serão lavadas no período. Proceda lavagem em água corrente, sobre peneira de malha de 2 mm (ABREU, 2023; ANDRÉ, 2021; CECATO et al., 2001; FUJIWARA et al., 1994; PIETRAMALE et al., 2020; SARMENTO et al., 2008).

Para evitar entupimento do esgoto com solo, utilize um balde para colher o precipitado de solo da lavagem. Já com as raízes limpas de solo, proceder a pesagem para obtenção da massa úmida de raízes – MUR (Figura 8).

**Figura 8:** Raízes pré e pós “limpas” de solo.



Fonte: imagem do autor, fruto do trabalho de Abreu (2023).

## Da secagem das raízes.

Com as raízes limpas, acondicione-as em sacos etiquetados de papel Kraft 18x42 cm, e encaminhe à estufa de circulação de ar forçada, regulada à 55°C, até atingir peso constante, que ocorre por volta de 72 horas.

Após a retirada do material radicular seco na estufa (Figura 9), basta pesar e obter a massa seca de raízes (MSR).

**Figura 9:** Determinação de massa seca de raízes (MSR).



Fonte: ANDRÉ (2021).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo do princípio que o trado possui: 10 cm de diâmetro (1 decímetro (dm)); 20 cm de camada do perfil de solo estudada (2 decímetros (dm)); 1,5708 dm<sup>3</sup> de volume do trado.

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = 3,1416 * 0,5^2 * 2$$

$$V = 1,5708 \text{ dm}^3$$

Logo, para cálculo da massa seca de raízes (MSR), adotaremos os seguintes valores (balança semi-analítica): 10,41 g de MUR e 7,11 g de MSR. Na regra de três temos 7,11g de MSR (ou 10,41 g de MUR), provenientes do volume de solo de 1,5708 dm<sup>3</sup> (20 cm de solo estudado). Extrapolando o perfil estudado, temos o seguinte volume de solo em 1 ha = 2.000.000 dm<sup>3</sup>.

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ m} * 100 \text{ m} * 0,20 \text{ m} = \text{m}^3$$

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ cm} * 10.000 \text{ cm} * 20 \text{ cm} = \text{cm}^3$$

$$1 \text{ ha} = 1.000 \text{ dm} * 1.000 \text{ dm} * 2 \text{ dm} = \text{dm}^3$$

$$1 \text{ ha} = 2.000.000 \text{ dm}^3$$

Agora basta montar a regra de três e calcular:

$$7,11 \text{ g} = 1,5708 \text{ dm}^{-3}$$

$$x = 2.000.000 \text{ dm}^{-3}$$

$$x = 9.052.711,994 \text{ g ha}^{-1}$$

$$x = 9.052,7120 \text{ kg ha}^{-1}$$

Portanto a forrageira produziu, no perfil de 0 a 20 cm de solo estudado 9.053 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca de raízes (ANDRÉ, 2021).

Se a quantidade obtida de MSR for suficiente, o material poderá ser explorado quanto aos teores de nitrogênio, via análise de tecido pelo método Kjeldahl (JONES JR., 1987; JONES, 1985; MORRIES, 1983; SILVA et al., 2010), e demais determinações de nutrientes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O passo a passo aqui tratado, instrui ações para amostragem de raiz e solo em experimentos com forragicultura e pastagens. É interessante estudar raízes e correlacionar as produções de massa aérea e massa radicular, obtidas em quilogramas por hectare. Para avançar nos estudos sugerimos determinação do teor de nutrientes no sistema radicular, a partir da análise de tecido.

## REFERÊNCIAS

ABREU, J. L. da S. **Estratégias de correção da fertilidade do solo para a produtividade e desenvolvimento radicular no capim Marandu**. 2023. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal do Norte do Tocantins, Programa de Pós-Graduação Integrada em Zootecnia nos Trópicos, Araguaína, 2023. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/6790> . Acesso em: 22 ago. 2024.

ANDRÉ, T. B. **Fertilização nitrogenada do capim BRS Zuri, em gotejamento subsuperficial, com acionador simplificado para irrigação**. 2021. 257p. Tese (Doutorado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical, Araguaína, 2021. Disponível em: [http://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFT\\_1c37dee7ece50afc0f2f39e461492a11](http://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFT_1c37dee7ece50afc0f2f39e461492a11) . Acesso em: 09 ago. 2024.

ANDRÉ, T. B. **Fertilização nitrogenada no capim Mombaça em sistema de integração pecuária-floresta intensificado**. 2015. 132p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical, Araguaína, 2015. Disponível em: <https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/>

BRCRIS\_29588a6a51f9cab93fef96d7eb8fb634 . Acesso em: 09 ago. 2024.

ANDRÉ, T. B.; SANTOS, A. C. Uso de produtos da cultura da mandioca (*Manihot*) na produção animal. **Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer**, v. 8, n. 15, p. 1622-1647, nov. 2012. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3731> . Acesso em: 09 ago. 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., DIRCEU; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas, SP: IAC. 2022. 500p.

CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W.; CASTRO, C. R. C. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia - RBZ**, Viçosa, v. 3, n. 30, p. 640-650, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000300006>

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens [livro eletrônico]: conceitos, processos e estratégias de recuperação e prevenção**. Belém, PA: Ed. do Autor, 2023. 61p. PDF. Disponível em: <https://diasfilho.com.br/degradacaodepastagens/> . Acesso em: 09 ago. 2024.

FAVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de Análise de Dados - Estatística e Modelagem Multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2017. 1219p.

FERNANDES, C. O. M.; VALOIS, C. M. **Do pasto ao leite: uma atividade rentável e sustentável**. Florianópolis, SC: Epagri, 2021, 76p. PDF. (Epagri. Boletim Técnico, 199). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1299> . Acesso em: 09 ago. 2024.

FUJIWARA, M.; KURACHI, S. A. H.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E. **A técnica de estudo de raízes pelo método do trado**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1994. 9 p. (Boletim técnico, 153).

JONES JR., J. B. Kjeldahl nitrogen determination-What's in a name. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, p. 1675-1682, 1987.

JONES, C.A. 1985. Defoliation. In: JONES, C.A. (Ed.) **C4 grasses and cereals: growth, development, and stress response**. New York: John Wiley. p.179-189.

MORRIES, P. A century of Kjeldahl (1883-1983). **Journal of the Association of Public Analysts**, v. 21, p. 53-58, 1983.

NEIVA, J. N. M.; NEIVA, A. C. G. R.; RESTLE, J.; PEDRICO, A. **Do Campus para o campo: tecnologia para produção de carne de bovinos de origem leiteira**. Araguaína, TO, 2015. 338p. Disponível em: <https://neef.ufc.br/pt/publicacoes/livro-do-campus-para-o-campo->

tecnologias-para-producao-de-carne-de-bovinos-de-origem-leiteira/ . Acesso em: 09 ago. 2024.

PIETRAMALE, R. T. R.; VALENTIM, J. K.; MARQUES, O. F. C.; LEITE, B. K. V.; PETROMALI, G. F. S. G.; DE CASTILHO, V. A. R.; BARBOSA, D. K.; RUVIARO, C. F.; OLIVEIRA NETO, S. S.; HEINRICHS, R. Produção de capim Marandu em condições deficitárias de nutrientes em diferentes épocas de corte. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e170943058, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.3058>

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, MG, 1999. 359 p.

SANTOS, A. C. dos. **Do campus para o campo: manejo de solos sob pastagens tropicais**. Goiânia, GO: Gráfica Ed. Impacto, 2008. 259p.

SANTOS, M. V. F. dos; NEIVA, J. N. M. **Culturas forrageiras no Brasil [livro eletrônico]: uso e perspectivas**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, 2022. 494p. PDF. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/publicacoes> . Acesso em: 09 ago. 2024.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A; LUGÃO, S. M. B.; CRUZ, M. C. P.; Campos, F. P.; FERREIRA, M. E.; Oliveira, R. F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000100004>

SILVA, D. de F.; ANDRADE, C. de L. T de; SIMEONE, M. L. F.; AMARAL, T. A.; CASTRO, L. A. de; MOURA, B. F. **Análise de nitrato e amônio em solo e água**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 56 p. PDF. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/881730> . Acesso em: 22 ago. 2024.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. atual. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496> . Acesso em: 22 ago. 2024.