

**Universidade de Brasília Faculdade UnB Planaltina  
Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e  
Desenvolvimento Rural**

**Avaliação da Viabilidade Técnica do Uso de Gesso Reciclado da  
Construção Civil como Insumo para a Agricultura Familiar  
Periurbana no Distrito Federal.**

**Hélio Pereira Feitosa**

**Brasília-DF  
2018**

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade UnB Planaltina**  
**Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Rural**

**Avaliação da Viabilidade Técnica do Uso de Gesso Reciclado da  
Construção Civil como Insumo para a Agricultura Familiar  
Periurbana no Distrito Federal.**

**Hélio Pereira Feitosa**

**Orientadora: Suzi Maria de Cordova Huff Theodoro**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meio ambiente e Desenvolvimento Rural.

**Brasília – DF**  
**2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Fa            Feitosa, Hélio Pereira  
              Avaliação da Viabilidade Técnica do Uso de Gesso  
Reciclado da Construção Civil como Insumo para a Agricultura  
Familiar Periurbana no Distrito Federal. / Hélio Pereira  
Feitosa; orientador Suzi Maria de Cordova Huff Theodoro. --  
Brasília, 2018.  
              78 p.

              Dissertação (Mestrado - Mestrado em Meio Ambiente e  
Desenvolvimento Rural) -- Universidade de Brasília, 2018.

              1. Reciclagem de resíduos de gesso. 2. Agricultura  
familiar periurbana. 3. Desenvolvimento rural. I. Theodoro,  
Suzi Maria de Cordova Huff, orient. II. Título.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UnB PLANALTINA  
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Avaliação da Viabilidade Técnica do Uso de Gesso Reciclado da Construção Civil como Insumo para a Agricultura Familiar Periurbana no Distrito Federal.**

**Hélio Pereira Feitosa**

**Banca Examinadora**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Suzi Maria de Cordova Huff Theodoro  
Presidente (UnB)**

---

**Dr João Fonseca de Oliveira  
Membro Externo Titular**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Caroline Gomide  
Membro Interno Titular**

Dedico à minha família e amigos pelo apoio durante as tribulações dessa jornada até esse resultado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, primeiro e maior mestre.

Aos meus pais por todo esforço e sacrifício dispensados a mim.

A minha esposa e filha por serem fontes de força para a jornada diária.

Aos meus familiares por terem contribuído para a composição de quem eu sou.

Às minhas e meus colegas de trabalho que sempre acreditaram na minha capacidade.

À minha orientadora Dra. Suzi Huff que nunca permitiu que eu ficasse pelo caminho.

Ao professor Dr. Mauro Eduardo Del Grossi, do Programa de Pós-graduação em Agronegócio, pelos conhecimentos em evolução da agricultura familiar e em estatística.

Às professoras Dra. Caroline Siqueira Gomide e Raquel Naves Blumenschein pelas contribuições na qualificação.

Ao Marcos Moreira Leite (Marquim) e sua mãe Nide Moreira Leite (tia Nide) pela cessão no terreno para o experimento e por cuidar das práticas de manejo quando não pude realiza-los.

## RESUMO

A disposição de resíduos de gesso sem observar os cuidados necessários pode promover a liberação de gases inflamáveis, a contaminação do solo e do lençol freático, devido às suas características físico-químicas, principalmente a baixa resistência mecânica, a solubilidade e a presença de enxofre. Entretanto, são essas mesmas características que possibilitam sua reciclagem e utilização como insumo agrícola promovendo resultado semelhante ao gesso agrícola no cultivo de culturas de ciclo curto, propiciando o aumento de produtividade. Diante dessa possibilidade, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a viabilidade técnica e o custo da utilização de gesso reciclado derivado da construção civil como substitutivo ao gesso agrícola derivado de lavra mineral. Foi implementado um experimento onde foi observado o desempenho a campo desse material como insumo para neutralização do alumínio trocável e disponibilização de cálcio mais magnésio trocável no solo. Também comparou-se o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho na área experimental que contou com nove tipos de tratamento e quatro repetições distribuídos de forma casualizada em 36 parcelas. Cada parcela medindo 2 x 2 m com 0,5 m de distância entre as parcelas, o que resultou em uma área total de 241,5 m<sup>2</sup>. Após o desenvolvimento completo do ciclo da cultura instalada foram coletadas amostras de solo de todos os tratamentos bem como de indivíduos em todas as parcelas que foram separados e pesados. Quanto ao solo, observou-se que o gesso reciclado quando não se comportou de forma semelhante ao gesso agrícola, foi mais eficiente no que diz respeito a neutralização do alumínio trocável e da melhoria nos índices de Capacidade de Toca Catiônica (CTC). Quanto à produção vegetal, verificou-se a partir de tratamentos estatísticos que não houve diferença significativa entre as parcelas que continham o gesso reciclado e o gesso agrícola. Acerca do custo de produção, a utilização do gesso reciclado não se mostrou vantajosa, a despeito do que se esperava. Portanto conclui-se que o gesso reciclado é tecnicamente um substituto eficiente para o gesso agrícola, entretanto devido seu custo ter se mostrado superior ainda não deve ser adotado como insumo na produção agrícola. Assim, é possível que esse resíduo da construção civil possa ser absorvido pela agricultura, entretanto carece de uma cadeia que possibilite uma forma de oferta aos agricultores a um custo menor ao do gesso agrícola, para se apresentar de forma atrativa e vantajosa.

**Palavras-chave:** gesso reciclado, construção civil e agricultura familiar periurbana.

## ABSTRACT

The disposal of gypsum waste without observing the necessary precautions can promote the release of flammable gases, contamination of the soil and groundwater, due to their physicochemical characteristics, mainly the low hardness, solubility and the presence of sulfur. However, it is these same characteristics that enable its recycling and use as an agricultural input promoting a similar result to the agricultural gypsum in the cultivation of crops of short cycle, propitiating the increase of productivity. Given this possibility, the objective of the present research was to evaluate the technical feasibility and the cost of the use of recycled gypsum derived from the civil construction as substitutive to the agricultural gypsum derived from mineral tillage. An experiment was carried out to observe the field performance of this material as an input for the exchangeable aluminum neutralization and the availability of calcium plus exchangeable magnesium in the soil. The development and productivity of corn in the experimental area were also compared with nine types of treatments and four replications distributed randomly in 36 plots. Each plot measuring 2 x 2m with 0.5m distance between the plots, which resulted in a total area of 241.5 m<sup>2</sup>. After the complete development of the crop cycle, soil samples were collected from all treatments as well as from individuals in all plots that were separated and weighed. As for the soil, it was observed that the gypsum recycled when it did not behave in a similar way to the agricultural gypsum, was more efficient with regard to the neutralization of the exchangeable aluminum and the improvement in the Cationic Capability Indexes (CTC). Regarding plant production, it was verified from statistical treatments that there was no significant difference between plots containing recycled gypsum and agricultural gypsum. Regarding the cost of production, the use of recycled plaster did not prove to be advantageous, despite what was expected. Therefore, it is concluded that recycled gypsum is technically an efficient substitute for agricultural gypsum, however because its cost has shown to be superior it still should not be adopted as an input in agricultural production. Thus, it is possible that this construction waste can be absorbed by agriculture, but it lacks a chain that allows a form of supply to farmers at a lower cost than that of agricultural plaster, to present itself in an attractive and advantageous way.

**Key words:** recycled plaster, civil construction and peri-urban family agriculture.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>18</b>
<b>A QUESTÃO DO RCC NO DISTRITO FEDERAL .....</b>	<b>18</b>
1.1 – O Distrito Federal.....	18
1.2 – Produção e destinação do RCC e a situação do DF .....	20
1.3 - A questão do gesso oriundo do RCC em Planaltina .....	21
1.4 - Caracterização Física da Região Administrativa de Planaltina .....	22
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
2.1 - O alumínio, o gesso e a agricultura familiar .....	24
2.2 - Características físico-químicas do gesso.....	26
2.3 - Embasamento para utilização de RCC como insumo agrícola .....	29
2.4 - O enxofre .....	30
2.5 - O cálcio .....	30
2.6 – A Capacidade de Troca de Cátions (CTC).....	31
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>33</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>33</b>
3.1 - Coleta e processamento do gesso.....	33
3.2 - Área do experimento.....	35
3.3 - Delineamento experimental .....	37
3.4 - Preparação para instalação do experimento .....	39
3.5 - Aplicação dos tratamentos .....	41
3.5 - Instalação das culturas .....	42
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>44</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>

4.1 – Resposta do solo aos tratamentos.....	44
4.1.1 - Enxofre .....	47
4.1.2 - Cálcio.....	48
4.1.3 - Cálcio/Magnésio .....	49
4.1.4 - Capacidade de Troca Catiônica - CTC .....	49
4.1.5 – Saturação por alumínio (%m) .....	51
4.1.6 – Análise <i>post hoc</i> .....	52
4.1.6.1 – Enxofre.....	52
4.1.6.2 – Cálcio .....	53
4.1.6.3 - Cálcio/Magnésio .....	53
4.1.6.4 – CTC.....	54
4.1.6.5 – Saturação por alumínio (m%) .....	54
4.2 – Produção vegetal .....	55
4.3 – Custo do gesso entregue na propriedade .....	58
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE A – Análise de Ca, SO<sub>4</sub>, Pb, Cd, As e Hg.....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE B – Resultado da Análise de Solo .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE C – Resultado da análise de solo em três profundidades. ....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE D – Tabela de distribuição do Qui-Quadrado <math>\chi^2_n</math> .....</b>	<b>78</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Brasil: recursos e reservas de gipsita, 2008 .....	21.
Tabela 02 – Principais elementos dos resíduos de gesso coletados .....	28.
Tabela 03 – Principais aspectos observados.....	39.
Tabela 04 – Principais elementos granulométricos.....	40.
Tabela 05 – Principais elementos de comparação .....	45.
Tabela 06 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores de enxofre .....	52.
Tabela 07 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores de cálcio.....	53.
Tabela 08 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores da relação cálcio/magnésio.	53.
Tabela 09 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores de CTC.....	54
Tabela 10 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores de saturação por alumínio...	54
Tabela 11 – Material vegetal produzido .....	56.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Localização do Distrito Federal .....	17.
Figura 02 – Uso da Terra no Distrito Federal.....	18.
Figura 03 – Áreas de despejo irregular de resíduos.....	22.
Figura 04 – Principais tipos de solo do Distrito Federal.....	23.
Figura 05 – Utensílio para esmagamento e compactação.....	33.
Figura 06 – Triturador de milho manual .....	34.
Figura 07 – Esquema de moinho de rolo único .....	34.
Figura 08 – Localização do experimento .....	36.
Figura 09 – Esquema de implantação do experimento.....	38.
Figura 10 – Esquema de amostragem de solo em três profundidades.....	40.
Foto 01 – Linhas de plantio na área do experimento.....	41.
Foto 02 – Parcelas durante a aplicação dos tratamentos .....	42.
Foto 03 – Parcelas falhadas do experimento com feijão .....	43.
Foto 04 – Coleta de solo na linha de plantio.....	44.
Foto 05 – Parcelas de milho em estágio de desenvolvimento R6.....	55.
Gráfico 01 – Distribuição de ânion sulfato mais cálcio e magnésio trocáveis em diferentes profundidades, sem aplicação e com aplicação de gesso.....	26.
Gráfico 02 – Média dos valores de enxofre nos tratamentos.....	47.
Gráfico 03 – Média dos valores de cálcio nos tratamentos.....	48.
Gráfico 04 – Média dos valores da relação cálcio/magnésio nos tratamentos.....	49.
Gráfico 05 – Média dos valores da CTC nos tratamentos .....	50.
Gráfico 06 – Média dos valores da saturação por alumínio nos tratamentos.....	51.
Gráfico 07 – Peso dos grãos por tratamento .....	57.

## INTRODUÇÃO

### Relevância do Tema

O Distrito Federal (DF) constitui-se de um caso particular de dinâmica territorial, pois é uma unidade da federação singular, que congrega características de estado e município com relações intensas entre o rural e o urbano, além de compor a Região Metropolitana de Brasília. Essas características particulares lhe conferem vários benefícios, mas, também, inúmeros problemas comuns às grandes metrópoles, em especial no que se refere às questões ambientais.

A construção civil é um dos setores mais dinâmicos do DF em função de sua forma de ocupação em setores, em regiões administrativas e devido ao fato de seu território de entorno ser densamente povoada. Por conta desse dinamismo, a produção de resíduos da construção civil (RCC) constitui-se em importante risco de dano ao meio ambiente, à saúde pública e à sociedade. De modo geral, tais resíduos são tratados de forma incorreta, notadamente quanto da sua deposição, sem os devidos cuidados e, quase sempre, em local inapropriado.

Tais particularidades potencializam a geração e a produção de resíduos da construção civil (RCC) é vigorosa, dada a expansão da malha urbana e a verticalização experimentada, principalmente com a criação de novas regiões administrativas, como por exemplo o bairro de Águas Claras e o setor Noroeste. Conforme dados do Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal - 2015, de janeiro a dezembro de 2015 foram coletadas 709.924 (setecentas e nove mil, novecentos e vinte e quatro) toneladas de entulho. A essa problemática soma-se o fato de não haver aterro sanitário específico ou indústria de reciclagem de RCC.

Por conta dessas características, tem ocorrido um duplo problema ambiental, já que o material coletado a partir da atividade da construção civil é destinado ao Aterro Controlado do Jóquei, popularmente conhecido como Lixão da Estrutural. Para além desta destinação inapropriada, uma parte significativa desses materiais, que não é coletado, acaba sendo depositada de maneira irregular em terrenos baldios ou nas margens de estradas rurais.

Para além disso, conforme exposto por Blumenschein (2004), a disposição de resíduos é uma atividade da cadeia produtiva da indústria de construção que causa impactos ambientais negativos de alta intensidade no solo, no lençol freático, nas águas superficiais, bem como no ar, na flora, na fauna e na paisagem. Ainda que essa realidade se repita na maioria das demais unidades da federação, no Distrito Federal esse problema é agravado em função da alta densidade populacional e porque a região configura-se como uma importante formadora de

nascentes que comporão as principais bacias hidrográficas do País.

Se de um lado o Distrito Federal é uma Unidade da Federação ainda em grande expansão urbana e, portanto, geradora de RCC, por outro, apresenta um aspecto positivo ligado à importância assumida pela agricultura periurbana, que se constitui como sua principal fornecedora de alimentos, os quais são produzidos principalmente por unidades familiares em pequenas propriedades. Considerando tais questões a presente pesquisa foi conduzida, levando-se em conta a realidade do Distrito Federal.

O RCC é composto por diversos materiais que depois de reciclados tem potencial de utilização na construção civil e em áreas diversas, como por exemplo, na agricultura, conforme demonstrado por Lasso (2011) em sua tese de doutorado, que conduziu um experimento com esse material. Ele avaliou a utilização de certo tipo de RCC como corretivo de acidez e como condicionador para aumento da capacidade de retenção de água no solo.

Diante dessa possibilidade, pode-se inferir que o setor rural poderá ampliar a sua interação com o setor urbano, caso utilize parte do RCC, transformando-o em um insumo. Essa transformação ocorreria com a incorporação dos subprodutos derivados da construção civil, que seriam absorvidos, em parte, na cadeia produtiva rural e transformando-os em um insumo agrícola, o que evitaria o descarte inapropriado. Essa possibilidade favoreceria a ambos os setores, reduzindo, assim, os impactos negativos causados ao meio ambiente.

Ante a importância do tema dos resíduos em geral, e particularmente de interesse dessa pesquisa - o gesso descartado pela construção civil, aliado a problemas de diversas ordens em função da baixa taxa de tratamento dos resíduos urbanos do País como um todo, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305), sancionada em 05 de agosto de 2010. Este instrumento legal, em seu Art. 13, define o termo resíduos da construção civil (RCC) como aqueles que são gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010).

Porém, antes dessa Lei, em 05 de julho de 2002, foi publicada a Resolução CONAMA nº 307, posteriormente alterada pelas Resoluções nº 348, de 2004, nº 431, de 2011, e nº 448/2012, que classificou o RCC em 04 classes, de A à D. A classe A compreende os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; a classe B abarca os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; a classe C refere-se aos resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação e a Classe D contempla os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, contaminados ou prejudiciais à

saúde.

Ressalta-se que conforme divulgado pelo site Fator Brasil (2011) os resíduos de gesso, antes considerados como de Classe C, ou seja, para os quais não havia tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitissem sua reciclagem ou recuperação, passaram a ser considerados recicláveis, sendo reclassificados como classe B com a edição da Resolução CONAMA nº 431. Essa modificação foi resultado de uma iniciativa da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall*<sup>1</sup>, em parceria com a indústria de cimento, que desenvolveu estudos comprovando as possibilidades de reaproveitamento desse material.

Essa reclassificação possibilita que o gesso presente no RCC possa ter ao menos três destinos: (i) reaproveitamento no processo produtivo das indústrias de fabricação de artefatos de gesso; (ii) utilização na indústria de cimento, onde atua como retardador de pega e (iii) ser utilizado na produção do “gesso agrícola”, que pode ser empregado como condicionante de solo e aditivo para compostagem entre outras aplicações.

Segundo Bidone (1999) apud Guedes e Fernandes (2012), a geração de resíduos na construção civil, há algum tempo, é um problema para as populações de todo o mundo e deriva do desenvolvimento socioeconômico. De acordo com Dias (2003) apud Guedes e Fernandes (2013), a maioria das regiões brasileiras não trata seus resíduos devidamente, trazendo prejuízos ambientais de diversas montas: ar, terra, água e clima, entre outros.

Em Brasília, programas como o Entulho Limpo e o de Gestão de Materiais, além da Lei Distrital nº 4.704/2011 e do Decreto nº 37.782/2016, têm se preocupado em adequar as práticas de coleta, transporte e disposição dos RCC às exigências da resolução nº 307 do CONAMA (ROCHA, 2006). Segundo Nunes (2004) apud Rocha (2006) em Brasília há duas usinas de reciclagem de resíduos da construção operadas pelo poder público.

Para que o gesso proveniente da reciclagem do RCC possa ser classificado como condicionante de solo, ele deve atender ao disposto no anexo da Instrução Normativa nº 35, de 04 de julho de 2016, da Secretaria de Defesa Agropecuária, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A referida Instrução Normativa define condicionador de solo (artigo 1º, inciso IV) como produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, podendo recuperar solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente e dispõem (artigo 7º, § 5º) que o sulfato de cálcio poderá ser registrado como condicionador de solo classe E , não sendo necessário que apresente as exigências mínimas de capacidade de

---

<sup>1</sup> São chapas fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de papel cartão

retenção de água e de troca catiônica regulamentadas e exigidas pela Norma.

Entretanto, deve conter no mínimo 16% de cálcio (Ca), 22% de Óxido de Cálcio (CaO) e 13% de enxofre (S) e atender às especificações de granulometria (artigo 2º, §2º) sendo constituído de partículas que deverão passar 100% (cem por cento) em peneira de 2 (dois) milímetros, no mínimo 70% (setenta por cento) em peneira de 0,84 (zero vírgula oitenta e quatro) milímetros e no mínimo 50% (cinquenta por cento) em peneira de 0,3 (zero vírgula três) milímetros.

As características supracitadas possibilitam que, de acordo com Sousa *et al* (2005), ao se aplicar o gesso agrícola no solo, cuja acidez da camada superficial foi corrigida com calcário, o sulfato movimentando-se para camadas inferiores acompanhado de cátions, o que aumentaria o teor de cálcio e magnésio e diminuiria a toxidez de alumínio. Essa ação tende a melhorar o ambiente do solo para o desenvolvimento das raízes. Esses efeitos são observáveis desde o primeiro ano de aplicação do material.

Devido às características físico-químicas dos resíduos de gesso, principalmente a baixa resistência mecânica, solubilidade e a presença de enxofre, sua disposição final exige cuidados especiais por seu potencial tóxico de liberação de gases inflamáveis, de contaminação do solo e do lençol freático (JOHN *et al*, 2003).

A hipótese do presente estudo é de que o gesso proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil promove resultado semelhante ao gesso agrícola no cultivo de culturas de ciclo curto, propiciando condições para que os sistemas radiculares explorem um pacote maior de solo e alcance oferta de água em camadas subsuperficiais propiciando o aumento de produtividade.

Essa hipótese está ancorada no fato de que as duas principais fontes desse material derivam somente de duas regiões (Pernambuco e Minas Gerais) e, portanto, o uso de gesso reciclado apresenta-se como uma alternativa com custo menor que o gesso agrícola para utilização na agricultura familiar periurbana.

Partindo da premissa, de que o gesso oriundo da reciclagem do RCC tem os mesmos benefícios que o gesso agrícola, mas com um custo menor, ele comporta-se como uma alternativa exequível tecnicamente, uma vez que poderá possibilitar o aumento de produtividade e, conseqüente, incremento de renda para os produtores que dele fizerem uso, com impacto na qualidade de vida de suas famílias, como se observa em famílias pluriativas.

Neste sentido, o presente estudo teve como principal objetivo a avaliação da viabilidade técnica e o custo da utilização de gesso reciclado derivado da construção civil como substitutivo ao gesso agrícola derivado de lavra mineral. Quimicamente, ambos se comportam

como condicionadores de solo, promovendo o aumento da quantidade de cálcio e de magnésio disponíveis, além de favorecer a neutralização do alumínio tóxico, podendo contribuir para o aumento de produtividade e para a destinação ambientalmente correta desse material.

Para além desse, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- I. Avaliar o desempenho a campo desse material como insumo para neutralização do  $Al^{+3}$  e disponibilização de cálcio mais magnésio (Ca+Mg) trocável no solo;
- II. Comparar o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) a partir do tratamento com quatro tipos de associações de insumos (NPK, Gesso Agrícola, Gesso Reciclado e Remineralizador derivado de xisto) e mais a parcela controle (sem insumo);
- III. Comparar o custo (em toneladas) dos dois tipos de gesso entregues no local de plantio e comparar com os insumos convencionais (NPK) e o remineralizador.

Para atender a estes objetivos, a dissertação está estruturada, além da introdução, em quatro capítulos. O capítulo 1 trata do propósito do estudo e do contexto do tema. O capítulo 2 aborda conhecimentos fundamentais para o estudo. O capítulo 3 descreve os materiais e métodos utilizados. O capítulo 4 enumera os resultados, apresenta as discussões, as conclusões e recomendações. O documento reúne ainda quatro apêndices.

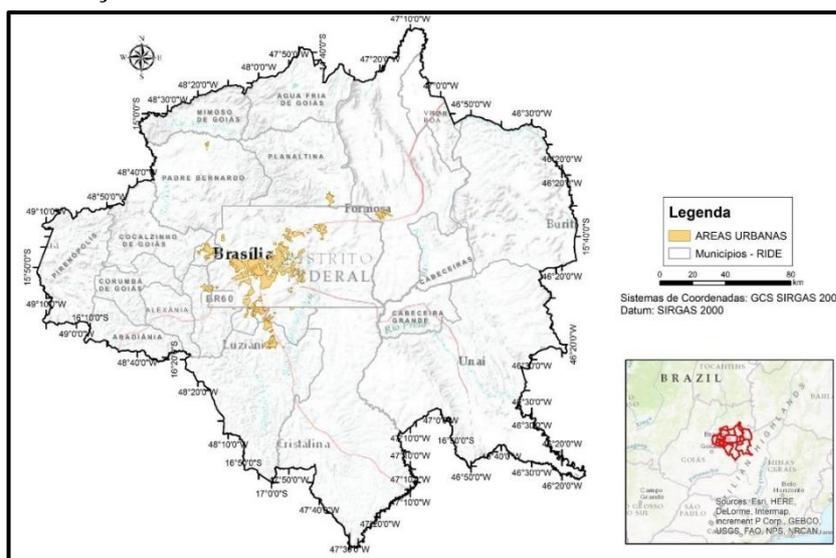
## CAPÍTULO 1

### A QUESTÃO DO RCC NO DISTRITO FEDERAL

#### 1.1 – O Distrito Federal

Segundo a Companhia de Planejamento do Distrito Federal - Codeplan (Distrito Federal, 2015) a área total do DF (localizado no Centro-Oeste, figura 01) está dividida em 31 (trinta e uma) regiões administrativas (RAs), ocupando um território de 5.779,999 km<sup>2</sup> (cinco mil, setecentos e setenta e nove vírgula novecentos e noventa e nove quilômetros quadrados), dos quais 4.213,520 km<sup>2</sup> (quatro mil, duzentos e treze vírgula quinhentos e vinte quilômetros quadrados) compreendem a área rural, ou seja, 74% do total.

**Figura 01** – Localização do Distrito Federal



**Fonte:** IBGE, 2013; DNPM, 2015 *apud* RESENDE (2017).

Essas atividades são desenvolvidas em 3.955 (três mil novecentos e cinquenta e cinco) estabelecimentos, que ocupam uma área de 251,3 mil (duzentos e cinquenta e um vírgula três mil) hectares. Desse total, cerca de 2.131 (dois mil, cento e trinta e um) estabelecimentos, ou 54% do total, ocupa uma área de 240.433 (duzentos e quarenta mil, quatrocentos e trinta e três) hectares, o que equivale a 96% da área total, são ocupados por agricultura não familiar.

De outro lado, 1.824 (um mil, oitocentos e vinte e quatro) estabelecimentos, ou 46% do total, ocupa 10.867 (dez mil, oitocentos e sessenta e sete) hectares, 4% da área total, são ocupados por agricultura familiar<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Conforme definição da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006.

Pelas características expostas sobre o DF, depreende-se que a sua realidade não difere do restante do país, fato esse que vem sendo debatido há vários anos por inúmeros autores, entre os quais Prado Júnior (1979), que ainda no final da década de 1970 alertava sobre a realidade da conformação da população eminentemente urbana e a concentração de terras na área rural no País, que estaria em posse de uma minoria classificada como não-familiar, enquanto a agricultura familiar, que agrega o maior número de estabelecimentos ficaria restrita a uma menor porção de área.

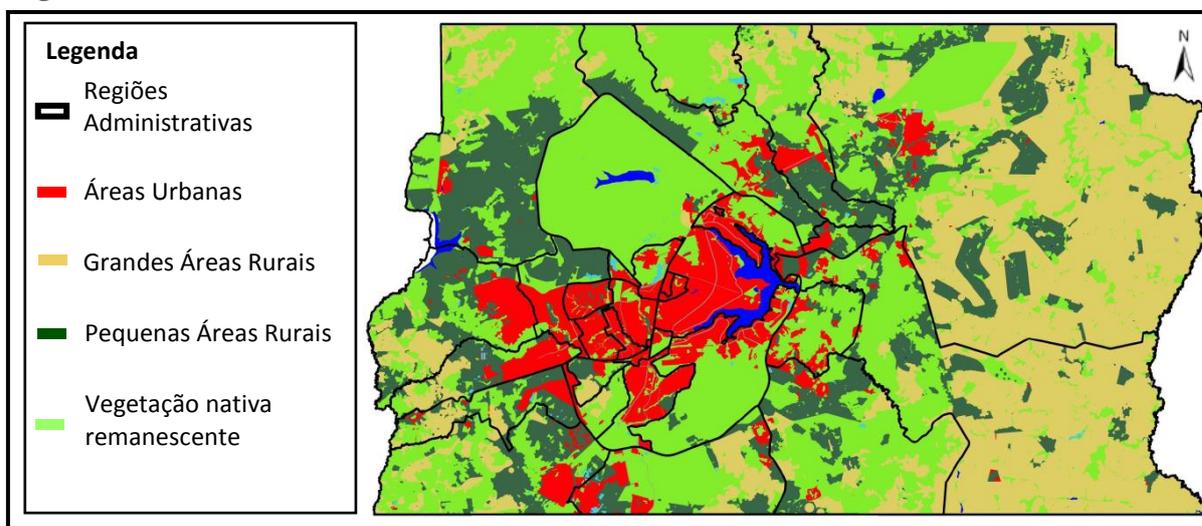
Apesar de refletir a condição nacional, há de se considerar que, pelas particularidades de sua formação e função, o DF constitui-se como uma unidade da federação singular, a qual apresenta a estrutura e a dinâmica de um Estado compreendidas no território de um município.

Dessa conformação tem-se um adensamento de funções no espaço e relações próximas e intensas entre o rural e o urbano, possivelmente pelo comportamento das famílias do meio rural que passam a desenvolver atividades agrícolas e não-agrícolas, como apontado por alguns autores com Del Grossi e Silva (2002) e Schneider *et al* (2006).

Na Figura 02, que ilustra o uso da terra no DF, podem-se visualizar dois pontos primordiais. Primeiro, na borda do perímetro urbano, onde ocorre a agricultura periurbana, estão localizadas as pequenas áreas rurais e a maior parte das áreas de vegetação remanescente e, segundo, as grandes áreas rurais são mais distantes das áreas urbanas.

Assim, a transição entre o urbano e o rural, em algumas RAs, é quase imperceptível, promovendo uma particular ocorrência da agricultura periurbana e propiciando que o problema gerado em um ambiente cause impacto no outro.

**Figura 02** – Uso da terra no Distrito Federal.



Fonte: Distrito Federal (2015).

## 1.2 – Produção e destinação do RCC e a situação do DF

Dados da Associação Brasileira de Drywall apontam que de 2003 a 2013 houve um aumento do consumo de chapas de Drywall de 11,80 (onze vírgula oitenta) milhões de metros quadrados para 50 (cinquenta) milhões de metros quadrados, ou seja, um crescimento de cerca de 500% em 10 (dez) anos.

Entretanto, apesar de haver a Lei Distrital nº 4.704, de 20 de dezembro de 2011, que dispõem sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos e o Decreto nº 37.782, de 18 de novembro de 2016, que regulamenta o art. 24 da referida Lei, o Serviço de Limpeza Urbana (SLU) noticiou em sua página<sup>3</sup> na internet que teria o prazo de até o ano de 2017 para iniciar as obras de construção dos espaços específicos para a destinação do lixo proveniente da construção civil (Área de Transbordo, Triagem e Reciclagem de Resíduos – ATTR e Ponto de Entrega Voluntária), resolvendo o problema de coleta de entulho da parte Norte de Brasília. Dessa forma, se tem claro que os entes públicos ainda tardarão para dar um encaminhamento correto a questão desse tipo de resíduo.

Considerando esses aspectos técnicos e ambientais, somados ao fato de que atualmente o Distrito Federal não dispõe de usinas de reciclagem de RCC, e tão pouco de uma indústria de produção de artefatos de gesso para absorver o gesso descartado, uma variedade considerável de estudos tem sido realizada com o objetivo de encontrar formas de absorver esses materiais na própria indústria da construção civil.

Esse setor também vem sendo pressionado para encontrar uma solução que resolva o problema dos resíduos depositados de forma irregular, descartados em áreas impróprias ou mesmo para aqueles que são encaminhados para depósitos regulares e/ou lixões, os quais também não realizam o manejo adequado do material, depositando-os em contato direto com o solo e sem proteção contra as intempéries.

Entretanto, outros possíveis usos têm sido negligenciados suscitando a possibilidade de outras práticas ou usos, tais como aqueles propostos nos trabalhos de Lasso (2011) e de Santos (2014), que buscaram utilizar esse material em práticas agrônômicas.

Por esse motivo e pelas características do DF, julga-se que há um espaço interessante de investigação acerca do uso de gesso reciclado da construção civil como insumo na produção da agricultura, em especial na familiar periurbana.

Pela analogia entre a composição química do gesso agrícola e do gesso utilizado na

---

<sup>3</sup><http://www.slu.df.gov.br/noticias/item/2210-entulho-da-constru%C3%A7%C3%A3o-civil-ter%C3%A1-destino-certo-em-bras%C3%ADlia.html>.

construção civil, espera-se que os materiais descartados pela construção civil possam tornar-se apto a ser utilizado na agricultura, com comportamento similar ou comparável ao tradicionalmente empregado, tal como foi demonstrado por Santos *et al* (2014), que desenvolveu estudo para avaliar a eficiência do uso de resíduos de gesso da indústria de louças sanitárias, em relação ao gesso de origem mineral, na correção de solo salino-sódico.

Supõe-se também que seu custo se mostre mais vantajoso do que as alternativas comumente adotadas, pois as jazidas produtoras estão localizadas em sua maioria nas regiões Nordeste e Norte (Tabela 01) e as indústrias de fertilizantes fosfatados localizadas no sul goiano.

**Tabela 01 – Brasil: recursos e reservas de gipsita 2008.**

<b>RECURSOS E RESERVA DE GIPSITA - 2008</b>					
<b>ESTADOS</b>	Medida	Partic.	Indicada	Total	rtic.
	(t)	$\Delta\%$ – UFs	(t)	(t)	$\Delta\%$ – UFs
<b>Brasil</b>	<b>865.804.446</b>	<b>100,0</b>	<b>364.413.078</b>	<b>1.230.217.524</b>	<b>100,0</b>
Bahia	461.343.861	53,3	93.997.000	555.340.861	45,1
Pernambuco	194.060.024	22,4	61.946.204	256.006.228	20,8
Pará	189.619.891	21,9	204.119.355	393.739.246	32,0
Maranhão	15.822.954	1,8	2.007.437	17.830.391	1,4
Ceará	3.755.895	0,4	0	3.755.895	0,3
Tocantins	671.581	0,1	186.211	857.792	0,1
Outros	530.240	0,1	2.156.871	2.687.111	0,2

Fonte: BRASIL (2010)

Além disso, a mineração e o transporte do material são mais onerosos quando comparados ao material reciclado, o qual já não necessitaria dos processos de lavra e beneficiamento mineral, além de estar disponível próximo ao local de utilização.

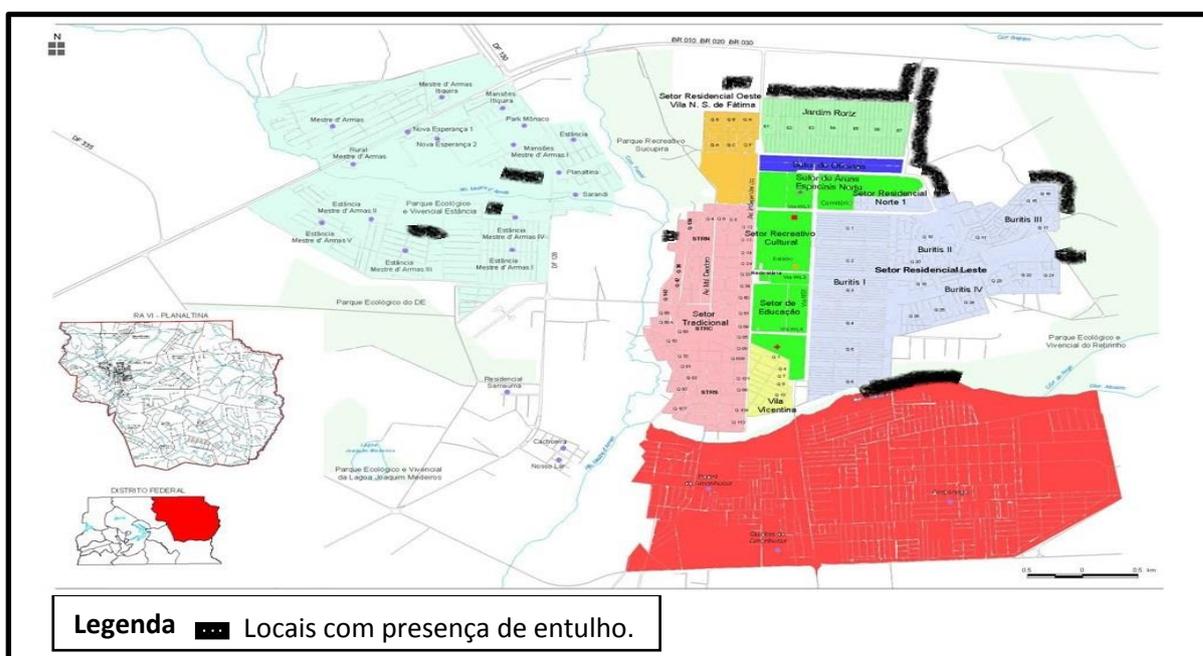
### 1.3 - A questão do gesso oriundo do RCC em Planaltina

A região administrativa de Planaltina – RA VI, por suas características, tais como a distância do centro de Brasília, a dinâmica econômica mais voltada à produção rural (agropecuária, agroindústria, turismo etc), a cessão de trabalhadores para outras regiões administrativas e crescimento urbano horizontal se apresenta como um bom exemplo da atividade da agricultura familiar periurbana e da intensa interação entre o urbano e o rural e seus efeitos.

Um fato advindo da forma de crescimento urbano experimentado pela cidade é a utilização tanto de gesso em placa (gesso comum) quanto de gesso acartonado (drywall), havendo assim a produção de dois tipos de resíduo da mesma classe, o primeiro de mais simples processamento e já em desuso nos centros urbanos maiores e o segundo de processamento complexo e tecnicado, mais utilizado nas grandes obras.

Já quanto aos efeitos negativos relativos à interação entre o urbano e o rural, o descarte irregular de resíduos em áreas impróprias, em sua grande parte da construção civil, é notório na cidade. Conforme pode ser visto na figura 03 o perímetro dos bairros, principalmente os mais novos, convertem-se nos locais onde esse efeito negativo se materializa de forma mais intensa.

**Figura 03** – Áreas de despejo irregular de resíduos.



Fonte: Distrito Federal (2015) adaptado pelo autor.

#### 1.4 - Caracterização Física da Região Administrativa de Planaltina

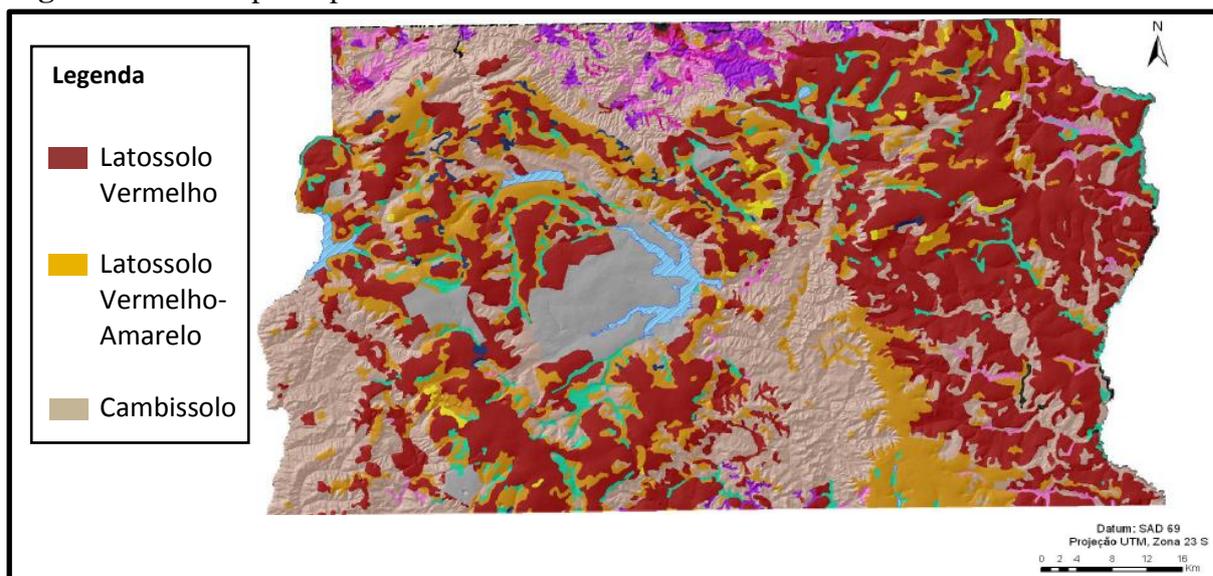
Segundo Martins (1998), considerando a classificação de Köppen<sup>4</sup>, o clima predominante na região pode ser categorizado entre tropical de savana e temperado chuvoso de inverno seco, caracterizado pela existência de duas estações: uma chuvosa e quente (verão), que se inicia no mês de outubro e termina em abril e outra, fria e seca (inverno), que se estende de maio a setembro.

<sup>4</sup>Classificação climática de Köppen-Geiger é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação.

Já em relação aos solos, como o DF é composto por pelos grupos Canastra (que corresponde a 15% da área e é formado por filitos, corpos lenticulares de mármores e quartzitos), Paranoá (que corresponde a 65% da área e é formado por quartzito, metassiltitos, ardósias, metarritmito e unidade psamo-pelito-carbonatada), Araxá (que corresponde a 5% da área e é composto por xistos) e Bambuí (que corresponde a 15% da área e é composto por metassiltitos e arcóseos), de acordo com Neumann (2012), baseado no mapeamento pedológico realizado pelo Serviço Nacional de Levantamentos de Solos (Embrapa 1978), as classes de solos dominantes são: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo, recobrendo cerca de 90% da área do Distrito Federal.

Como se pode visualizar na figura 04, a área correspondente a Planaltina (quadrante nordeste) reflete a distribuição de solos do DF, contando com o predomínio dos três tipos de solo citados anteriormente, com destaque para o Latossolo Vermelho.

**Figura 04** – Principais tipos de solo do Distrito Federal



**Fonte:** Neumann (2012)

## CAPÍTULO 2

### REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1 - O alumínio, o gesso e a agricultura familiar

Atualmente sabe-se que o alumínio (Al) ocorre em diferentes formas no solo, sendo que de acordo com Kinraide (1991) apud Echart e Molina (2001) o  $Al^{3+}$  é comprovadamente tóxico para determinadas espécies agrícolas, assim como outros polióxidos.

Vários trabalhos têm demonstrado que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma mais visível da toxicidade do Al em plantas, podendo conduzir à deficiência mineral e estresse hídrico (DEGENHARDT *et al*, 1998 apud ECHART e MOLINA, 2001).

A redução do crescimento da parte aérea ocorre num momento posterior (RYAN *et al*, 1993; JONES e KOCHIAN, 1995 apud ECHART e MOLINA, 2001) e parece ser uma consequência dos danos que ocorrem na raiz (MATSUMOTO *et al*, 1976 apud ECHART e MOLINA, 2001).

De acordo com Maschietto (2009) a adição de gesso agrícola promove a redução da toxicidade do Al no solo pela formação de compostos menos tóxicos de Al ( $AlSO_4^{+}$ ) e pela precipitação de  $Al^{3+}$ . Com a melhora do ambiente do solo, as raízes teriam acesso a maior volume de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior produtividade.

Tal acréscimo de produtividade seria interessante para qualquer setor produtivo, entretanto, considerando que a agricultura familiar brasileira tem como características latentes, conforme exposto por Wanderley (1999) e Buainain *et al* (2005), a propriedade dos meios de produção e a utilização de mão-de-obra familiar. Assim, o incremento de produtividade é mais interessante do que o aumento de produção, pois a segunda possibilidade é seriamente limitada, principalmente pelo tamanho da área para exploração e pela quantidade de mão-obra disponível.

É importante mencionar que a agricultura familiar que aqui se consigna é a desenvolvida por famílias com características semelhantes às mencionadas no Projeto Urbano (SILVA, 2001), que não se reúne mais unicamente em torno da exploração agropecuária e cuja produção familiar inclui agora outros “negócios” não agrícolas como parte de sua estratégia de sobrevivência ou mesmo de acumulação. Vale dizer, que o centro das atividades da família deixou de ser apenas a agricultura, não por ter deixado de ser apenas agrícola, mas por ter se tornado pluriativa.

Segundo Schneider (2005), a pluriatividade se refere à combinação permanente de atividades agrícolas e não agrícolas em uma mesma família, tais como o emprego em estabelecimentos comerciais e domésticos nas áreas urbanas ou a exploração do turismo na propriedade.

Essa característica das atividades laborais desempenhadas pelos membros da família que permite reconhecê-la como pluriativa, também nos aproxima da percepção, apresentada por Silva (1996), do rural como um *continuum* do urbano. Pois, segundo o autor, do ponto de vista espacial e do ponto de vista da organização da atividade econômica, as cidades não podem mais ser identificadas apenas com a atividade industrial, nem os campos com a agricultura e a pecuária.

Kageyama (2008), ao tratar da pluriatividade, corrobora com esse entendimento ao expor que:

“Os elementos definidores do rural foram se modificando ao longo da história e ganhando novos contornos: a grande propriedade já não reina absoluta. A agricultura se modernizou, a população rural passou a obter rendimentos nas adjacências das cidades, a própria indústria penetrou nos espaços rurais e reduziram-se as diferenças culturais entre campo e cidade”.

Já Marques (2000), em sua tese, assevera que várias definições assumem caráter negativista ao delinear o rural como todo aquele que não seja urbano, ou seja o que sobra. É funcionalista, ao limitar o rural ao espaço que se caracteriza pela presença predominante de atividades rurais e é gradativista (como nomeado por ele), quando combina o espaço urbano e o rural em diferentes proporções de cada um, promovendo a suavização da oposição em favor do *continuum*.

É notório que os critérios utilizados de forma habitual em todo o mundo para definir as áreas rurais são o tamanho da população e a sua densidade, e na maioria das definições encontradas nas estatísticas nacionais, o caráter relativo ao rural, seria a oposição, complemento ou resíduo de sua contraparte, o urbano que é o referencial para defini-lo.

Ainda assim, a tipologia proposta por Wiggins e Proctor (2001) apud. Kageyama (2008) que classifica as áreas rurais em cinco tipos com base em variáveis-chave, tais como custos de movimentação (proximidade e acesso a cidades) e a abundância relativa de terras (incluindo a quantidade e qualidade dos recursos naturais) é a mais adequada para expor aqui o fato de haver diferenças entre a agricultura praticada nas cercanias das cidades, daquela que é praticada em áreas mais distantes. Os autores realizam a citada tipificação da seguinte forma:

Partindo das cidades, em seu entorno há uma zona periurbana

com intensa interação urbana por meio da comutação diária das pessoas para o trabalho; em seguida estende-se um interior (*countryside*) em que aumentam

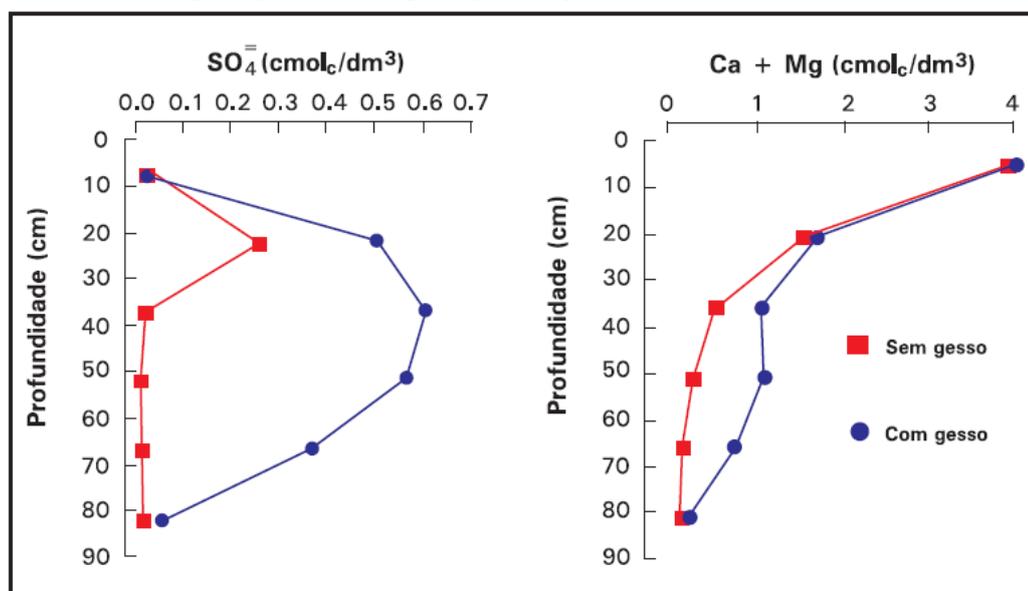
consideravelmente os custos de movimentação em direção à cidade e, mais adiante, estão as zonas remotas e carentes de infraestrutura, em que aqueles custos são incomumente elevados. Em contrapartida, essas áreas podem contar com fortes vantagens comparativas devido à sua dotação de recursos naturais.

Isto posto, definições ingênuas do rural como sinônimo de atraso ou de resistência a mudanças, ou ainda, suposições simplistas do rural como agrícola, estão afastadas das disciplinas acadêmicas e das principais instituições políticas, pois afinal, uma característica terminativa que dá sentido ao rural enquanto território socialmente construído e com papéis específicos na reprodução e no desenvolvimento das sociedades, é a relação de complementariedade do rural com o urbano (KAGEYAMA, 2008).

## 2.2 - Características físico-químicas do gesso

O gesso, em particular, configura-se como um sal neutro que possui características químicas agronômicas interessantes que o qualificam como condicionante de solo, pois ele pode potencializar a disponibilidade de sulfato ( $\text{SO}_4$ ) de cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^+$  e  $\text{Mg}^+$ ) em camadas mais profundas, sem que haja modificação considerável nas camadas superficiais, como se pode visualizar no Gráfico 01.

**Gráfico 01** – Distribuição de ânion sulfato mais cálcio e magnésio trocáveis em diferentes profundidades, sem aplicação e com aplicação de gesso.



Fonte: SOUSA (2005)

Sousa *et al.* (2005) também alertaram que, além de melhorar as condições químicas do subsolo, um outro aspecto importante refere-se ao fato de que o gesso se comporta como fonte

de enxofre para as plantas. É importante lembrar, que na região do Cerrado brasileiro ocorre uma generalizada deficiência desse nutriente.

Isso posto, é mister citar que o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, definiu condicionador do solo como produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, sendo que o sulfato de cálcio (gesso ou gesso agrícola) também se enquadra nessa categoria por promover alterações químicas no solo, principalmente nas camadas subsuperficiais.

Além disso, esse material, apesar de não alterar o potencial Hidrogeniônico (pH), diminui a concentração de alumínio trocável nas camadas subsuperficiais propiciando melhores condições para o crescimento radicular das plantas, visto que o alumínio pode ser considerado um elemento tóxico no solo.

Ordinariamente tem se usado na agricultura o chamado Gesso Agrícola, que nada mais é que sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) obtido como subproduto dos processos industriais da fabricação do ácido fosfórico (fosfogesso), do ácido fluorídrico (fluorogesso), do ácido bórico (borogesso) e da dessulfurização dos gases de combustão (FGD – *flue gas desulfurisation* ou sulfogesso) (JOHN, CINCOTTO, 2007 e SNIP, 1982 *apud* PINHEIRO, 2011).

Para Pinheiro (2011), a semelhança das propriedades físicas e químicas do gesso sintético, principalmente o fosfogesso e o sulfogesso, com a gipsita natural propicia a aplicação desses coprodutos em vários segmentos da construção civil e da agricultura.

Ainda de acordo com a autora, as principais atividades executadas com gesso, nas obras de construção civil, responsáveis pela geração de resíduos, são os revestimentos de alvenaria e teto com a pasta de gesso, a execução de divisórias com gesso acartonado, a execução de alvenarias com blocos de gesso, a aplicação de placas para forro e elementos decorativos.

Almeida (2015) expõem que o painel de gesso acartonado comum é formado por uma mistura de gesso (gipsita natural), fibra de vidro, vermiculita, amido, entre outros materiais, em sua parte interna e revestido por um papel do tipo “kraft” em cada face.

John e Cincotto (2003) asseveram que a composição típica do gesso acartonado é mais complexa. A parcela predominante é de gesso natural hidratado (gipsita), mas o papel (referências mencionam entre 4 a 12%), as fibras de vidro, a vermiculita, as argilas (até 8%), o amido, o potássio (KOH), além de agentes espumantes (sabões), dispersantes e hidro-repelentes tornam essas placas resistentes à água.

Os mesmos autores destacam que não existem dados disponíveis sobre a composição dos produtos nacionais. Mas advertem que a bibliografia reporta que algumas jazidas de

vermiculita podem conter amianto, além de sódio, manganês, boro, zinco, magnésio, cromo, cobre, chumbo e mercúrio.

Já o gesso utilizado nos blocos de alvenaria, placas para forro e elementos decorativos é o chamado gesso comum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), geralmente obtido como resultado da calcinação (decomposição a quente) da rocha de gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (DRYWALL, 2009) e, menos frequentemente, da anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), mas podendo conter aditivos controladores do tempo de pega, cujas características são determinadas principalmente por meio da NBR 13.207.

Segundo Carvalho (2009) *apud* Monteiro *et al* (2010), os resíduos de gesso oriundos da construção civil, quando segregados readquirem as características químicas do minério de origem, podendo assim ser reutilizados na cadeia produtiva.

Ribeiro (2006) corrobora com essa afirmação expondo que resíduos de revestimento e de forro, após o processo de reciclagem apresentam composição química semelhante ao gesso natural produzido no Polo Gesseiro da região de Araripe (em Pernambuco), apresentando pureza de ordem de 92,1% (revestimento) e 98,9% (forro).

Com o objetivo de averiguar se os tipos de gesso coletados para esse estudo possuíam composição química parecida e certos elementos, como metais pesados, em sua composição química, foram enviadas três amostras para análise laboratorial, gesso agrícola, comum (placa) e acartonado. A análise seguiu as orientações contidas na Instrução Normativa nº 27 de 05/06/2006 / SDA - Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e resultou na tabela 2, conforme o apêndice A.

**Tabela 2** – Principais elementos dos resíduos de gesso coletados.

Componente	Unidade	Tipo de gesso			Referencial
		Agrícola	Comum	Acartonado	
Cálcio - Ca	g	13,8	18,6	19,1	-
Sulfato - $\text{SO}_4$	%	16,7	16,2	16,1	-
Arsênio - As	mg/kg	0,023	0,001	0,032	máximo de 20
Cádmio - Cd	mg/kg	<0,001	<0,001	<0,001	máximo de 3
Chumbo - Pb	mg/kg	<0,001	<0,001	<0,001	máximo de 150
Mercúrio - Hg	mg/kg	<0,001	<0,001	<0,001	máximo de 1

**Fonte:** O autor (2018)

### 2.3 - Embasamento para utilização de RCC como insumo agrícola

A utilização de RCC, encontra amparo científico nos pressupostos da rochagem/calagem, que sugerem que o uso de determinados tipos de rochas que se comportam como fonte de uma série de macro e micronutrientes (Leonardos, *et. al*, 1976 e Theodoro, 2000) e, no caso da calagem, como fonte de cálcio, que funciona como um condicionador de solos.

Recentemente, a legislação brasileira regulamentou o uso de pó de rocha (remineralizadores) por meio da Lei nº 12.890/2013, do Decreto nº 8.384/2014 e da Instrução Normativa 05/2016, editada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O uso dos remineralizadores atende a três funções importantes do ponto de vista ambiental e econômico, quais sejam: altera a fertilidade dos solos; auxilia na recuperação de áreas degradadas e comporta-se como um remediador de solos contaminados (Theodoro, 2016).

Além disso, os remineralizadores e/ou os calcários possuem preços significativamente mais baratos que os fertilizantes convencionais e estão disponíveis em várias partes do País (Theodoro e Almeida, 2013). Apesar disso, os gastos com o frete colocam-se como um limitador à produção brasileira por contribuir com a elevação dos custos, relativo ao transporte rodoviário, que segundo Lima *apud* Fleury (2003) movimentam 2/3 da carga total do país e consome o equivalente a 10% do produto interno bruto. Em caso de resultados positivos, o material derivado do gesso reciclado seria ainda mais barato uma vez que elimina o fator transporte.

Nessa ponderação acerca da viabilidade técnica e do custo do uso de gesso oriundo de RCC pela agricultura familiar periurbana em seu processo de produção agrícola, deve-se considerar também o fato de que devido a densidade populacional e extensão territorial reduzida, o Distrito Federal e áreas próximas abrigam várias propriedades de pequeno porte com a adoção da agricultura familiar como forma de produção.

Conforme salienta Cruz (2011) grande parte dos produtores não é tecnificada e não possui grandes extensões de terras, mas depende do resultado da produção para se manter em suas áreas. As principais características desses agricultores familiares são o menor uso de insumos externos à propriedade e a condução de lavouras com baixa mecanização, o que favorece a perpetuação de condições desfavoráveis, seja do ponto de vista técnico, econômico, político ou social (AGRICULTURA, 2011 *apud* CRUZ, 2011).

De outro lado, apesar do baixo uso de insumos externos, não há falta de tecnologia nas propriedades familiares do Distrito Federal, que conta com duas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

do Distrito Federal (EMATER-DF) além de instituições de ensino superior que desenvolvem diversos projetos de pesquisa.

Esse cenário suscita a possibilidade de se vislumbrar um caminho para a questão da destinação de parte do RCC gerado no Distrito Federal que pode ser absorvido como insumo no processo produtivo da agricultura familiar local. Essa alternativa propiciaria ganho de produtividade a custos mais baixos, favorecendo, ainda, um avanço na relação campo-cidade, na mitigação dos impactos negativos dos processos de desenvolvimento sobre ecossistemas e espaços rurais, além do incremento na qualidade de vida das famílias.

## **2.4 - O enxofre**

De acordo com Alvarez *et al* (2007), a deficiência de enxofre (S) é fator limitante da produção agrícola em extensas áreas do Brasil, notadamente na região dos Cerrados, pelo fato de apresentar significativa importância no desenvolvimento das plantas, por fazer parte da constituição proteica, na síntese de clorofila, na formação de ferroxidina, entre outros constituintes.

Essa deficiência geralmente ocorre porque o enxofre disponível para as plantas ocorre na forma de ânion sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) que permanece na solução do solo e se movimenta com a água sendo prontamente lixiviado e acumulando no subsolo, o que o torna disponível apenas para culturas com sistema radicular mais profundo (SFREDO e LANTMANN, 2007).

Stipp e Casarin (2010) asseveram que o aumento de produtividade da cultura do milho tem relação direta com a disponibilização de enxofre e de nitrogênio, na etapa de desenvolvimento e na quantidade correta, uma vez que o aumento do teor de nitrogênio no tecido da planta depende do enxofre e ambos são necessários para a formação de aminoácidos e proteínas essenciais a planta.

Segundo os mesmos autores, o enxofre possui ainda papel de defesa nas plantas contra pragas e doenças devido a grande variedade de compostos secundários que contém nitrogênio e enxofre.

## **2.5 - O cálcio**

A deficiência de cálcio (Ca) pode atrapalhar o desenvolvimento da planta, visto que, segundo Klaus (2007), o Ca é importante para o crescimento das raízes e dos brotos, aumenta a tolerância ao estresse por calor, vento e frio e a resistência a pragas e doenças, pois atua na

elongação e divisão celular, já que está localizado na parede celular, constituindo uma barreira física contra o ataque de patógenos.

No solo, o Ca melhora a estrutura, a permeabilidade e a infiltração da água e ajuda a planta a suportar o estresse por salinidade. Entretanto, nos solos ácidos que são típicos do território brasileiro, o cálcio é um dos nutrientes que geralmente encontra-se em baixa concentração e somente uma pequena parte encontra-se disponível, sendo removida pelas culturas e pela lixiviação. Assim, é necessário o seu suprimento contínuo (MARSCHENER, 1995; WHITE, 1998 *apud* SALVADOR, CARVALHO E LUCCHESI, 2011; KLAUS 2007).

Como visto, o enxofre e o cálcio são os principais componentes dos resíduos definidos como gesso, seja ele natural ou sintético, e quando tratados de forma incorreta, como a deposição em locais inapropriados e sem o manejo correto, pode formar gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), que é tóxico e inflamável, alterar o pH do solo e da água e contribui para ocorrência de vazios como *piping*<sup>5</sup> no subsolo pela lixiviação do material.

Entretanto, quando utilizados de forma correta, podem propiciar vários benefícios, como por exemplo o aumento de produtividade e a diminuição da necessidade de irrigação das culturas agrícolas e consequente incremento de renda, principalmente para agricultores de menor porte como os agricultores familiares localizados na zona periurbana.

## 2.6 – A Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Conforme tratado por Lopes e Guilherme (1992) e Ronquim (2010), a Capacidade de Troca (adsorção) de Cátions ou CTC pode ser expressa como o número total de cátions trocáveis (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K + H + Al<sup>3+</sup>) que um solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiométricas equivalentes de outros cátions (íons de mesmo sinal).

Muitos latossolos sob Cerrado, apesar de serem compostos com alta percentagem de argila, apresentam valores de CTC semelhantes aos de solos arenosos. Isto ocorre pelo fato desta argila serem, predominantemente, de baixa atividade (caulinita, sesquióxidos de ferro e alumínio, etc.).

Em solos cuja CTC observada se apresenta baixa (menor ou igual a 5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) geralmente tem-se maior lixiviação do nitrogênio e do potássio e é necessária uma menor

---

<sup>5</sup> Vazios tubulares ou passagens no solo que podem variar em tamanho, desde dutos estreitos de apenas alguns milímetros de diâmetro até túneis de grande diâmetro. Pierson, T.C. (1983) Soil pipes and slope stability. Q. J. Eng. Geol., v.16:1-11

quantidade de calcário para aumentar o pH. Dessa forma, as adubações e calagens devem ser feitas de forma parcelada para minimizar as perdas por lixiviação, o que pode aumentar o curso de operação já que terá que ser mobilizada toda uma infraestrutura de equipamentos e pessoal para repetir as operações.

A CTC em valores adequados representa, portanto, a capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos principalmente do alumínio ( $Al^{3+}$ ) e da aplicação de fertilizantes.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODO

#### 3.1 - Coleta e processamento do gesso

Os resíduos de gesso, de certa forma, já são inicialmente separados em recipientes específicos nos locais onde são produzidos, tais como nos canteiros de obras e nas empresas de instalação/venda, tal como é preceituado nas normas. Mas é possível encontrar o gesso no mesmo recipiente de outros resíduos, por sua prevalência devido à fase da obra, acabamento ou reforma, ou por sua forma, geralmente placas e chapas.

O gesso utilizado para a condução do experimento da presente pesquisa foi coletado em Planaltina-DF, pelo fato de que nessa região administrativa ele é utilizado tanto em placa quanto o acartonado. O resíduo é encontrado tanto nas empresas que instalam e vendem o gesso quanto em containers dispostos na frente de canteiros de obras. Os três principais pontos são o setor Central, o setor Tradicional e no Jardim Roriz. O material coletado foi separado manualmente de outros resíduos como papel de sacos de cimento e de gesso-cola (fibra utilizada para unir as placas), metais e materiais diversos rejeitados nos canteiros de obra.

Após a separação, o gesso acartonado foi reservado devido ao seu potencial de contaminação e o gesso comum (placas e artigos decorativos) foi fragmentado em partes menores de cerca de 4cm<sup>2</sup> por esmagamento com um artefato artesanal semelhante a uma “mão-de-pilão”<sup>6</sup> (figura 5) promovendo o resultado semelhante, por exemplo, ao de um britador de mandíbula. Para a obtenção do material colocava-se uma quantidade aproximada de 18 litros de resíduos de gesso no chão, cercado por um quadrado de madeira e realizava-se a fragmentação inicial por esmagamento.

**Figura 5** – Utensílio para esmagamento e compactação



**Fonte:** O autor (2017).

<sup>6</sup> Também conhecido como pirulito e socador e utilizado na construção civil para compactação de solo, sendo fabricado colocando-se um cabo de madeira ou metal em uma lata de 3,6 litros e enchendo-a de concreto.

Após essa fragmentação inicial, o material foi colocado em um triturador de milho manual (figura 6), para que se executasse a moagem, afim de se atingir a granulometria desejada (no mínimo 70%, passante na peneira com 0,84mm, conforme IN SDA/MAPA n° 35/2006), tendo sido necessárias duas passagens pelo triturador, pois ainda que o gesso seja um material de baixa resistência mecânica a força motriz do equipamento é humana e, portanto, mais limitada e passível de fadiga do que uma mecânica, assim não se conseguia a menor granulometria em uma única passagem. Na primeira passagem o equipamento foi regulado para produzir fragmentos de cerca de 2 mm e na segunda de 1 mm (pó).

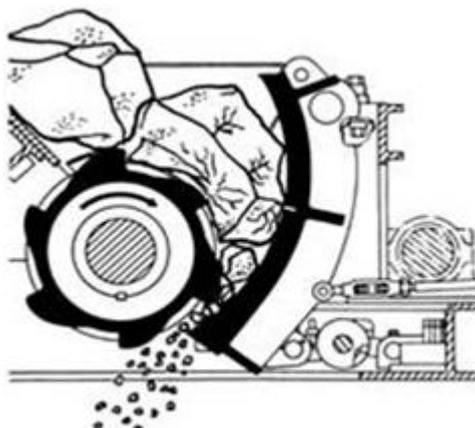
**Figura 6** – Triturador de milho manual.



**Fonte:** Grupo Botini (2017).

O triturador de milho utilizado segue os mesmos princípios de um moinho de rolo único, no qual um cilindro frisado é rotacionado fragmentando o material ao friccioná-lo e esmaga-lo contra uma parede fixa (figura 7) e cujo tamanho do material produzido é determinado principalmente pela distância entre o cilindro e a parede.

**Figura 7** – Esquema de moinho de rolo único.



**Fonte:** <http://slideplayer.com.br/slide/2264249/8/images/22/Moinhos+de+rolos.jpg> (2018).

Após ter sido realizada a moagem, procedeu-se o peneiramento do material com duas peneiras. A primeira de malha de 2mm e, a segunda, de malha de 1mm para atender, o mais próximo possível, à IN SDA/MAPA nº 35/2006, que determina que o gesso para ser comercializado como condicionador de solo deve ser constituído de partículas que deverão passar 100% (cem por cento) em peneira de 2 (dois) milímetros, sendo no mínimo 70% (setenta por cento) em peneira de 0,84 (zero vírgula oitenta e quatro) milímetros e no mínimo 50% (cinquenta por cento) em peneira de 0,3 (zero vírgula três) milímetros.

Para a produção de 50 kg de gesso reciclado pronto para uso como insumo agrícola foram necessárias duas horas/homem, contadas da separação até o ensacamento. Optou-se pela utilização de ferramentas e equipamentos simples e de baixo custo para que o processamento dos resíduos fosse acessível aos agricultores familiares, haja vista a inexistência de uma cadeia que realize os processos que antecedem a utilização do gesso reciclado no campo. A partir de resultados positivos a campo, pode-se pensar em tornar o processo mais mecanizado, como forma de ampliar a quantidade produzida, bem como de torná-lo menos penoso fisicamente.

### **3.2 - Área do experimento**

Apesar de o estudo se referir ao Distrito Federal, por questões relacionadas à disponibilidade de mão-de-obra, equipamentos e a necessidade de irrigação, o experimento foi desenvolvido na fazenda Monjolinho, localizada no quilômetro 134, da rodovia GO 118, área rural do Município de Alto Paraíso de Goiás, conforme se pode visualizar na Figura 08.

O município de Alto Paraíso de Goiás está inserido na Área de Proteção Ambiental - APA de Pouso Alto, criada para fomentar o desenvolvimento sustentável e a preservação da flora, da fauna, dos mananciais, da geologia e o paisagismo da região de Pouso Alto, limítrofe à Chapada dos Veadeiros, no estado de Goiás (GOIÁS, 2007).

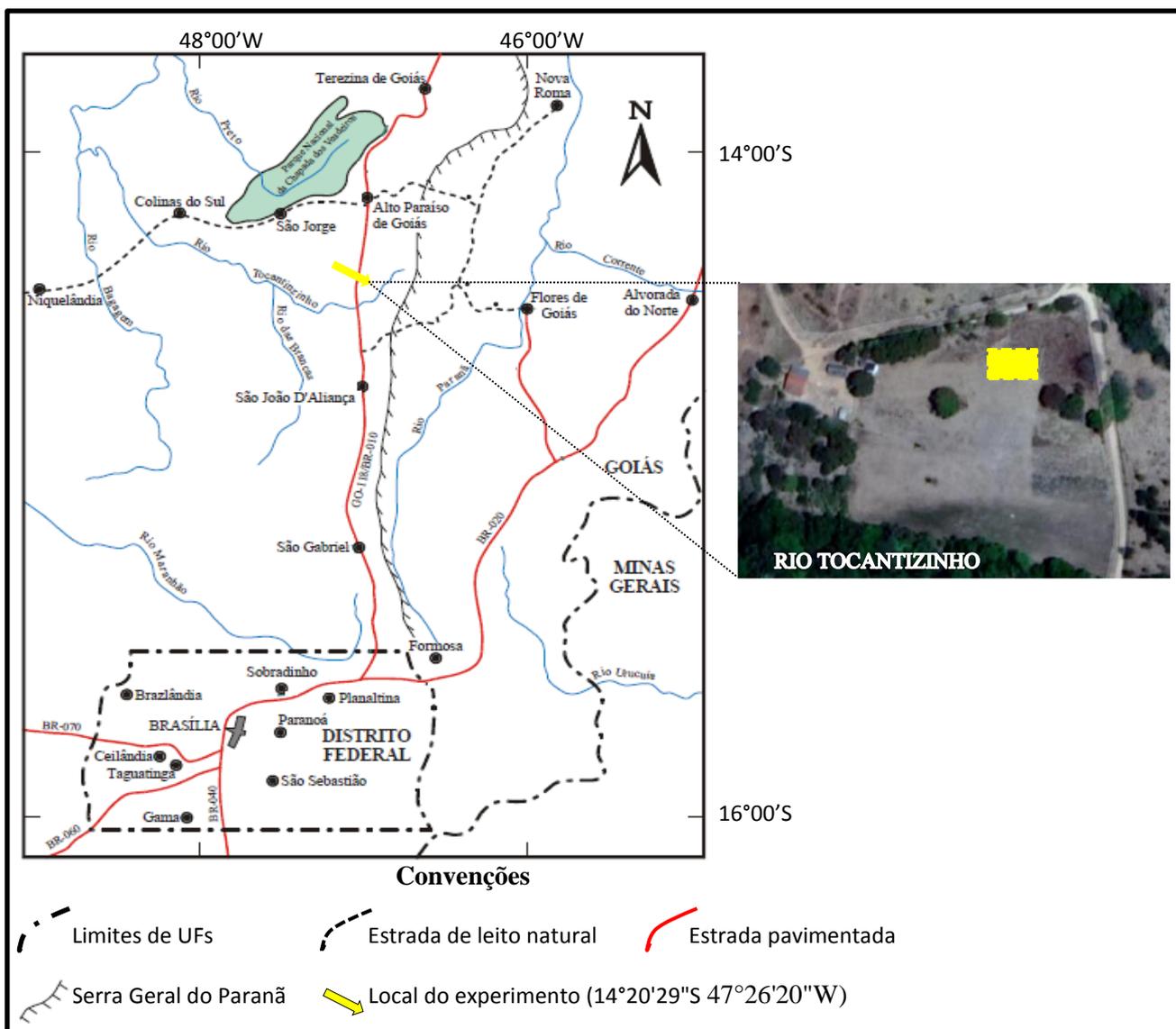
Os tipos de rochas que compõem a geologia dessa região são incluídos no Domínio dos Planaltos, em estruturas sedimentares dobradas, da Faixa de Dobramentos Brasília, sendo relacionados principalmente a metassedimentos de baixo grau metamórfico do grupo Araí (CORREIA, 2001).

Dessa forma, a área do experimento está localizada na unidade geomorfológica do Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí cujos solos, conforme Latrubesse (2006) desenvolvem-se principalmente sobre as litologias pertencentes aos metassedimentos do Grupo Araí e

embasamento granítico-gnaíssico da Faixa Brasília<sup>7</sup>.

Quanto às características climáticas, conforme Ranieri (2011), a classificação de Köppen a região encontra-se submetida a um regime climático tropical semiúmido do tipo Aw, típico dos climas úmidos de savanas tropicais, com verão úmido e inverno seco. Este é caracterizado por duas estações bem definidas com um verão quente e chuvoso, entre os meses de outubro a abril, e um inverno frio e seco, entre os meses de maio até meados de outubro.

**Figura 08** – Localização do experimento



**Fonte:** CORREIA (2001) adaptado pelo autor.

<sup>7</sup> Esta superfície corresponde à Superfície de Aplainamento Pré-Gondwanica, de King, já que é anterior às formações mesozóicas, e não está seccionando litologias do Cretáceo (LATUBRESSE, 2006).

As estações primavera e outono, nesse contexto, se configuram apenas como períodos de transição entre as estações úmida quente e seca fria. Assim, pode-se dizer que o clima na região está classificado como úmido a subúmido (CORREIA, 2001).

A área em que foi implantado o experimento está situada na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantinzinho que, de acordo com Ranieri (2011) junto com as Bacias do rio Maranhão e do Rio Paranã, forma a Bacia Hidrográfica do Alto Tocantins, inserida no domínio do Cerrado.

Pelas características expostas, evidencia-se que as condições as quais o experimento a campo foram submetidas, principalmente de solo e clima, são semelhantes às que seriam encontradas caso tivesse sido implantado em Planaltina ou em outras partes do DF.

### **3.3 - Delineamento experimental**

Considerando a presença de nove tipos de tratamento e quatro repetições, o experimento foi constituído por 36 parcelas. Cada parcela medindo 2 m<sup>2</sup> com 0,5 m de distância entre as parcelas, o que resultou em uma área total de 241,5 m<sup>2</sup>, inscrevendo no terreno um retângulo, com a orientação oeste-leste, assumindo um formato de tabela na qual os tratamentos foram distribuídos buscando-se não os repetir na mesma coluna e linha, conforme desenho esquemático exposto na figura 09.

Inicialmente determinou-se que seriam utilizados dois tipos de espécies agrícolas (feijão e milho) que seriam cultivadas nas parcelas de forma rotacionada, sendo plantas com o espaçamento de 50 cm entre linhas e 50 cm entre indivíduos da mesma linha, totalizando 4 indivíduos por parcela.

**Figura 09** – Esquema de implantação do experimento



Cerca de 3% de declividade.

**Onde:**

**GR** = Gesso reciclado;  
**GA** = Gesso Agrícola;

**R** = Remineralizador;  
**C** = Controle e

**NPK** = insumo químico.

### 3.4 - Preparação para instalação do experimento

Para o experimento, optou-se pela aplicação dos tratamentos na superfície do solo, uma vez que, embora a principal interação objetivada do gesso com o solo ocorre nas camadas subsuperficiais, ele se movimenta facilmente por lixiviação pelos perfis.

Antes, porém, da aplicação dos tratamentos, foram coletadas as amostras de, na profundidade de 0 a 20 cm, a fim de conhecer as condições de solo para cálculo da dosagem dos componentes dos tratamentos e adubação de cobertura e para comparar os teores de cálcio mais magnésio, de enxofre e de alumínio tóxico no solo antes e depois da aplicação dos tratamentos e do desenvolvimento das culturas de teste, permitindo inclusive verificar influências nas parcelas Controle.

Para tanto, as amostras para análises de solo preliminares foram coletadas seguindo as orientações da Circular Técnica nº 11 da Embrapa. Assim, com o trado, andou-se pela área demarcada inscrevendo uma trajetória em “zig-zag” e coletando as amostras em pontos aleatórios, tendo sido coletadas vinte amostras simples, constituindo-se ao final uma amostra composta.

As amostras simples foram colocadas em baldes lavados apenas com água e misturadas com auxílio de uma colher de pedreiro a fim de homogeneizar a mistura e formar a amostra composta, que em seguida foi embalada em saco plástico em porção pesando 300 g, identificada e enviada para análise laboratorial que apresentou, entre outros valores (apêndice B), os dados da tabela 3.

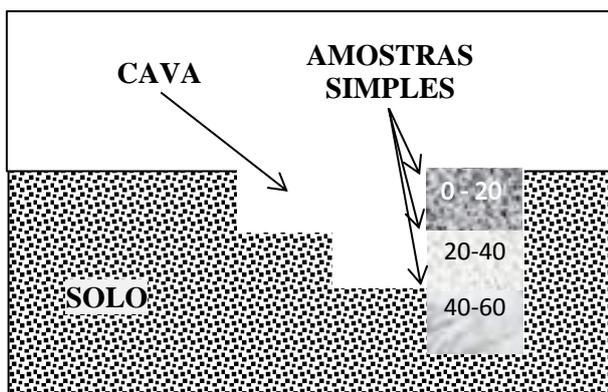
**Tabela 3** – Principais aspectos observados na camada de 0 a 20 cm da área do experimento.

Parâmetro	Unidade	Quantidade
Ph em água	-	5,3
Matéria orgânica	g/kg	25,1
Fósforo	mg/dm <sup>3</sup>	3,6
Potássio	cmol/dm <sup>3</sup>	0,58
Enxofre	mg/dm <sup>3</sup>	15,5
Cálcio	cmol/dm <sup>3</sup>	0,8
Magnésio	cmol/dm <sup>3</sup>	0,6
Alumínio	cmol/dm <sup>3</sup>	0,2
H+Al	cmol/dm <sup>3</sup>	5,8
CTC	cmol/dm <sup>3</sup>	7,8
Saturação por Bases	%	26
Saturação por Alumínio	%	9

Fonte: O autor (2018)

Para determinar as características físicas do solo foram coletadas amostras em três profundidades, de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm. Para essa amostragem, seguiu-se as orientações técnicas e a dinâmica já citada, sendo que em cada ponto foram coletadas amostras das três profundidades, conforme figura 10, tendo sido coletadas vinte amostras simples, em cada profundidade, compondo-se ao final três amostras compostas. Como o trado disponível somente possibilitava coletas de até 20 cm de profundidade, foram utilizados enxadão e pá para abertura das cavas e coleta das amostras.

**Figura 10** – Esquema da amostragem de solo em três profundidades.



**Fonte:** O autor (2018)

Esse levantamento preliminar, apêndice B, apresentou especificamente quanto à textura do solo, os dados dispostos na tabela 04, cujo resultado aponta que a classe textural do solo onde o experimento foi implantado é argilosa.

**Tabela 4** – Principais elementos granulométricos

Composição Granulométrica	Profundidade em centímetros					
	00 - 20		20 -40		40 - 60	
	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%
Argila	500	50	525	52,5	575	57,5
Areia	375	37,5	375	37,5	300	30
Silte	125	12,5	100	10	125	12,5
Classe textural	argilosa		argilosa		argilosa	

**Fonte:** O autor (2018)

### 3.5 - Aplicação dos tratamentos

Como a área do experimento é tradicionalmente utilizada para cultivo de abóbora, feijão, mandioca, melancia e milho, o solo já havia sido gradeado e considerando que a aplicação dos tratamentos seria realizada na superfície, a lanço, foram criados, com enxada, pequenos sulcos com profundidade aproximada de 5 cm com a finalidade de orientar a aplicação e de demarcar as linhas de plantio, como pode ser visualizado na foto 01.

**Foto 01** – Linhas de plantio na área do experimento



**Fonte:** O autor (2017)

Conforme mencionado anteriormente, os resíduos de gesso coletados foram separados de outros materiais e moídos a uma granulometria máxima de 02 milímetros e aplicado com base no conhecimento das características químicas e na textura do solo, de 0 a 60 cm, tendo como referência de dosagem a recomendação realizada por Cruz *et al* (2011) para solos argilosos (36 a 60% de argila) na qual ele aponta que devem ser aplicados de 0,8 a 1,2 t/ha, o que representou 320g por parcela.

Além do Gesso Reciclado (GR), e a título de comparação, foram realizados tratamentos com outros materiais, aplicados em parcelas com as mesmas condições e tamanho. Esses outros insumos são: o Gesso Agrícola (GA), o NPK (4 - 14 - 8) e um tipo de remineralizador (R), derivado de uma rocha rica em cálcio, magnésio e potássio. Para além disso, optou-se em averiguar o comportamento das plantas e do solo com tratamentos

compostos pelas seguintes misturas: NPK + GR; NPK + GA; R+GR e R+GA. De forma complementar a essas parcelas, e a título de aferição com os resultados do solo da região, foram adicionadas parcelas controle (ou testemunhas). Cada tratamento teve quatro repetições que foram distribuídas de forma casualizada. Na foto 02 pode-se ver parte da área do experimento com os tratamentos.

**Foto 02** – Parcelas durante a aplicação dos tratamentos



Fonte: O autor (2017)

### 3.6 - Instalação das culturas

Os tratamentos foram aplicados na área do experimento nos dias 29 e 30 de abril de 2017 e nos dias 27 e 28 de maio de 2017 foi realizado o plantio da cultura de feijão (uma espécie crioula de *Phaseolus vulgaris* com ciclo entre 4 e 6 meses) nas linhas traçadas para os tratamentos, observando o espaçamento de 40 cm entre indivíduos por 40 cm entre linhas, conforme recomendado por Cruz *et al* (2011) depositando-se duas sementes por berço de plantio.

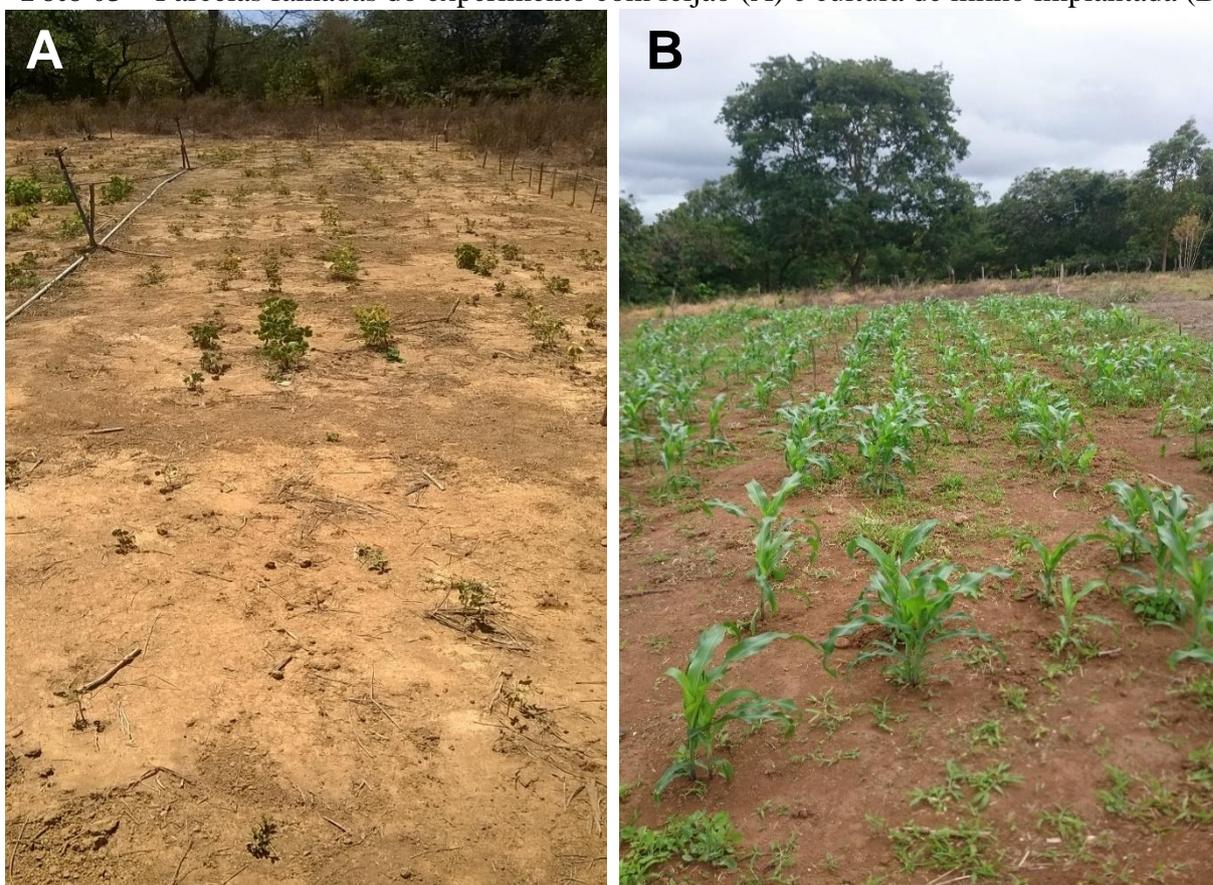
Como o desenvolvimento da cultura iria abranger o período de seca foi utilizada irrigação mecânica além de outros tratos culturais como adubação nitrogenada de cobertura e controle das demais plantas com capina não mecanizada.

Entretanto, como não foram utilizados defensivos contra insetos e fungos, a cultura sofreu considerável perda de indivíduos, mesmo com a adoção de práticas mitigadoras como

por exemplo a mudança da forma de irrigação da aspersão aérea para infiltração, chegando a erradicar totalmente a cultura em algumas parcelas, o que levou a decisão de considerar perdida essa primeira parte do experimento com a consequente eliminação dos indivíduos restantes (por arranquio) e remoção de sua biomassa da área para não removerem os nutrientes adicionados com os tratamentos e não acrescentar com a decomposição de sua matéria orgânica.

Após a remoção da cultura de feijão a área permaneceu em repouso (sem utilização) até o período chuvoso quando em 04 e 05 de novembro de 2017 foi implantada a cultura de milho (uma variedade crioula de *Zea mays* com ciclo entre 4 e 5 meses) observando o espaçamento e a densidade utilizada com os feijoeiros. Na foto 03 pode-se visualizar à esquerda as parcelas de feijão falhadas e à direita a cultura de milho implantada.

**Foto 03** – Parcelas falhadas do experimento com feijão (A) e cultura de milho implantada (B).



**Fonte:** O autor (2017)

Assim como na primeira cultura, para o milho foram realizados os tratos culturais usuais, inclusive a aplicação de adubação rica em nitrogênio (2kg de ureia por parcela), pois, como exposto por Coelho (2006), o milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e, usualmente, requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se deseja produtividades elevadas.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliação dos tratamentos foram realizadas a comparação dos elementos do Rendimento Biológico aparente (R<sub>Ba</sub>) dos tratamentos, do Índice de Colheita aparente (I<sub>Ca</sub>), do Cálcio, Enxofre, Cálcio mais Magnésio e da CTC do solo.

Para averiguar se o custo de utilização do gesso reciclado seria menor ou maior do que o do gesso agrícola, o custo do GR foi determinado considerando os valores relativos ao valor homem/hora de trabalho na construção civil no DF, com encargos sociais. Tal opção baseou-se no fato de que a forma como o material foi processado assemelha-se às atividades desse setor. Além disso, adicionou-se o custo de transporte. Já para o gesso agrícola foi utilizado o menor valor de aquisição da tonelada de gesso agrícola, acrescido do frete.

#### 4.1 – Resposta do solo aos tratamentos

Para conhecer as características químicas do solo, ao final do ciclo do milho, foi realizada amostragem de solo, seguindo os critérios técnicos já mencionados e observando como critérios adicionais realizar a coleta na linha de plantio e no mínimo uma por linha, conforme foto 04.

**Foto 04** – Coleta de solo na linha de plantio



**Fonte:** O autor (2018)

Como o terreno é levemente inclinado decidiu-se subamostrar os tratamentos em grupos compostos cada um por uma parcela da borda e uma parcela do centro, identificadas pela sigla do tratamento mais os números correspondes às colunas (vide figura 09). Dessa forma

foram coletadas cinco amostras simples em cada parcela de cada tratamento, totalizando 20 amostras simples por tratamento, ou seja, duas amostras compostas para cada tratamento.

Embora a principal interação do gesso com o solo ocorra nas camadas subsuperficiais, a amostragem foi realizada na camada de 0 a 20 cm, pois, conforme observado por Alves *et al* (2003) 90 dias após a aplicação do gesso sua maior concentração estava nessa faixa de solo.

Essa amostragem resultou na análise de solo presente no apêndice C<sup>8</sup>, cujos principais valores de interesse são apresentados na tabela 5. Os demais macro e micronutrientes também foram analisados e estão presentes no apêndice C.

**Tabela 05** – Principais elementos de comparação.

Descrição da Amostra*	Enxofre Solo	Cálcio Solo	Magnésio Solo	m**	CTC**	Ca/Mg**
	mg/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	%	cmolc/dm <sup>3</sup>	
C1-2	7,0	1,7	0,8	9	8,5	2,1
C3-4	4,3	2,2	0,9	12	8,0	2,4
GA1-2	122	6,1	0,6	3	11,7	10,2
GA3-4	81,3	3,5	0,5	14	10,1	7,0
GR1-2	101,3	8,7	0,8	0	14,5	10,9
GR3-4	74,1	5,4	0,6	3	11,3	9,0
NPK1-2	12,8	2,0	0,8	20	9,2	2,5
NPK3-4	9,1	1,9	0,8	16	9,8	2,4
NPK+GA1-2	20,2	2,7	0,5	8	9,0	5,4
NPK+GA3-4	117,9	5,2	0,7	5	11,7	7,4
NPK+GR1-2	90,9	5,6	0,5	4	12,2	11,2
NPK+GR3-4	82,4	3,8	0,5	11	10,2	7,6
R1-2	13,4	3,3	1,3	2	10,3	2,5
R3-4	11,2	2,4	0,9	12	8,9	2,7
R+GA1-2	143,5	4,6	0,5	5	10,9	9,2
R+GA3-4	241,4	6,5	0,6	0	12,3	10,8
R+GR1-2	137,0	5,0	0,6	5	11,0	8,3
R+GR3-4	157,3	5,5	0,6	1	11,1	9,2

\*C – controle; GA – gesso agrícola; GR – gesso reciclado; NPK – nitrogênio, fósforo e potássio; R – remineralizador. \*\*% m = saturação em alumínio ; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; Razão Ca/Mg

**Fonte:** O autor (2018)

<sup>8</sup> O extrator Mehlich (HCl0.05M+H2SO4 0,0125M) foi utilizado nas análises de fertilidade, efetuadas no laboratório da CAMPO - Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental. O pH foi medido em um pHmetro e o conteúdo de matéria orgânica pelo método calorimétrico.

Dadas as características do experimento e por consequência dos grupos, representados pelos tratamentos, e das amostras colhidas, decidiu-se pela utilização de um método estatístico não-paramétrico, o que é uma decisão comum, conforme expõem Pontes e Corrente (2001):

“Testes não-paramétricos ou de distribuição livre têm sido amplamente utilizados em substituição aos testes paramétricos usuais, em especial quando as pressuposições do modelo não se verificam, ou seja, quando os dados provenientes de um experimento não possuem normalidade ou homogeneidade de variâncias.”

De acordo com os mesmos autores, esse tipo de teste vale-se da ordenação (*ranks*) dos dados e não do seu valor intrínseco, e da aleatorização, onde se consideram todas as possíveis permutações (rearranjos) dos dados. Dentre os testes não-paramétricos utilizados para delineamentos inteiramente casualizados, o mais comum é o teste proposto por Kruskal & Wallis (1952), selecionado para verificação da efetividade da interação dos tratamentos com o solo, dadas as características das amostras do experimento.

O teste de Kruskal-Wallis (KW) permite realizar a comparação de três ou mais grupos em amostras independentes. Por essa característica é utilizado como método não-paramétrico alternativo à ANOVA, diferindo principalmente pelo fato de enquanto na ANOVA deve-se validar as suposições de normalidade, variância constante e independência dos resíduos e continuidade das variáveis, no KW considera-se apenas a suposição de que as observações sejam independentes e que as variáveis sejam do tipo contínuas ou ordinais.

Para tanto define-se a estatística de  $H$  de KW como:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

$R_i$  é a soma dos postos da amostra  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$n_i$  é o número de observações na amostra  $i$

$N$  é o número de grupos

Considerando que na hipótese nula ( $H_0$ ) não há diferença entre os grupos e que na hipótese alternativa ( $H_A$ ) existe uma diferença entre os grupos, foi utilizado o *software livre*, o PAST<sup>9</sup> (Paleontological Statistical), classificado por Hammer *et al* (2001) como um software para análise de dados científicos, com funções de manipulação de dados, plotagem, estatística univariada e multivariada, análise ecológica, séries temporais e análise espacial, morfometria e estratigrafia, tendo sido avaliado por Rodrigues (2017) como sendo um *software* completo que permite realizar análises estatísticas de forma profissional e precisas, compatíveis com *softwares* comerciais.

---

<sup>9</sup> Disponível no site da Universidade de Oslo <https://folk.uio.no/ohammer/past/>

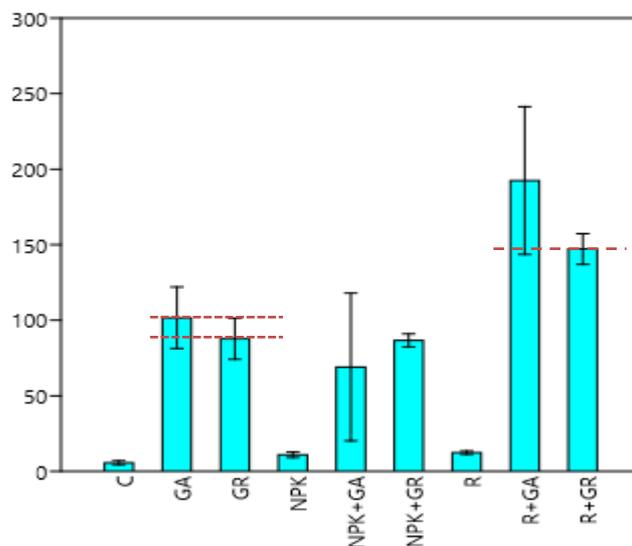
Assim, ao se rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), buscou-se investigar quais dos tratamentos diferem entre si através de comparações múltiplas não-paramétricas, como uma complementação ao teste de Kruskal-Wallis. Dentre os testes de comparações múltiplas não-paramétricos destaca-se o proposto por Dunn (1964), que utiliza a atribuição de postos conjunta a todos os tratamentos.

Com a utilização dessa ferramenta, as análises foram realizadas com um nível de significância de 5% obtendo-se os seguintes resultados:

#### 4.1.1 - Enxofre

Para o enxofre, verificou-se que o  $H = 15,33 > 2,733$ . Portanto, rejeitamos  $H_0$  a um nível de significância de 5%, ou seja, existe diferença significativa entre os grupos em relação as quantidades desse nutriente encontradas nas amostras. No gráfico 02 pode-se visualizar que os tratamentos sem a presença de qualquer tipo de gesso (NPK e R) tiveram comportamento parecido com o da parcela controle, enquanto os tratamentos com associação de gesso e NPK apresentaram comportamentos totalmente distintos.

**Gráfico 02** – Médias dos valores de enxofre nos tratamentos.



**Fonte:** O Autor (2018)

Ao observarmos os resultados disponíveis no gráfico 02, especificamente os tratamentos com a presença de dos dois tipos de gesso isolados ou associados ao remineralizador, percebe-se a possibilidade de terem comportamento semelhante, pois no conjunto GA/GR a média do primeiro se apresenta muito próxima do valor superior do segundo,

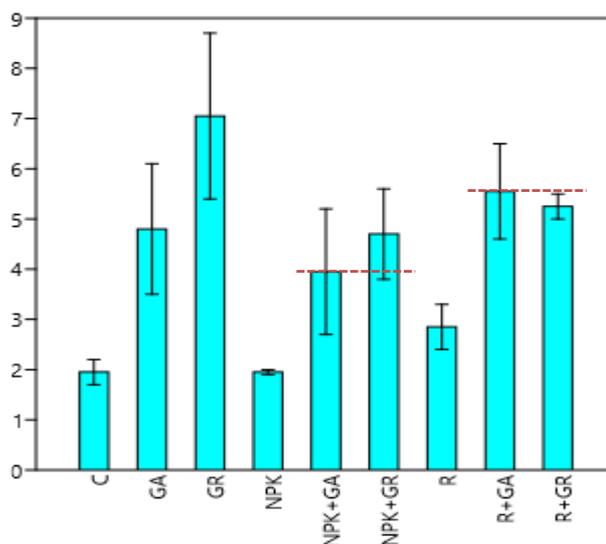
enquanto a média do segundo se assemelha ao valor inferior do primeiro. Já no segundo conjunto, R+GA/R+GR, o valor inferior do primeiro se assemelha à média do segundo.

#### 4.1.2 - Cálcio

As análises relativas ao Cálcio mostram que o valor de  $H = 12,91 > 2,733$ . Portanto, rejeitamos  $H_0$  a um nível de significância de 5%, ou seja, existe diferença significativa entre os grupos em relação as quantidades de  $Ca^{+3}$  encontradas nas amostras. Pode-se perceber no gráfico 03 que as parcelas com tratamentos sem gesso tiveram dois comportamentos distintos em relação a parcela controle. Enquanto as parcelas tratadas somente com NPK apresentaram quantidades de cálcio muito próximas às encontradas na parcela controle, as tratadas com o remineralizador exibiu uma quantidade de cálcio quase 50% superior à encontrada na parcela controle. Este resultado condiz com a geoquímica dessa rocha calcissilicática.

Quanto às parcelas que receberam tratamentos com gesso, apesar de apresentar uma variação parecida, foi possível verificar que as parcelas tratadas com gesso reciclado apresentaram valores superiores às tratadas com gesso agrícola e nas parcelas cujo gesso foi misturado a outros materiais pode-se perceber a possibilidade de comportamentos semelhantes em certas situações, que podem ser visualizadas no gráfico 03.

**Gráfico 03** – Médias dos valores de cálcio nos tratamentos



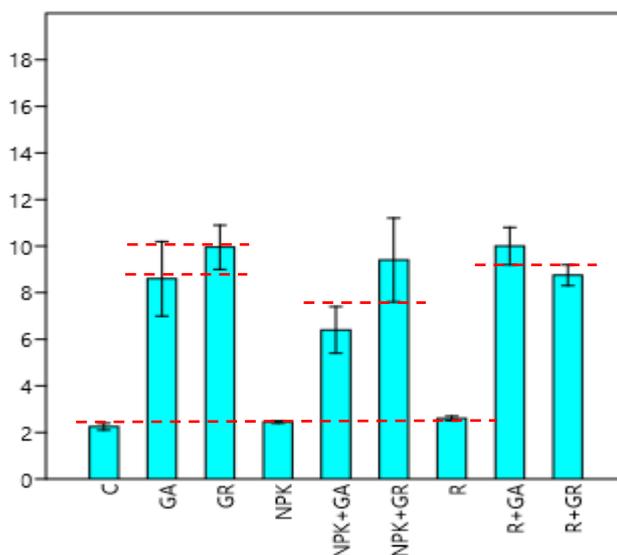
Fonte: O Autor (2018)

### 4.1.3 - Cálcio/Magnésio

O resultado relativo à relação Ca/Mg mostra que  $H = 14,09 > 2,733$ . Este resultado permite a rejeição de  $H_0$  a um nível de significância de 5%, ou seja, existe diferença significativa entre os grupos em relação à representatividade da relação cálcio/magnésio encontrada nas amostras. Nota-se no gráfico 04 que as parcelas cujos tratamentos não contém gesso apresentaram valores muito próximos aos da parcela controle, enquanto os tratamentos que utilizaram somente gesso tem uma forte tendência de se comportarem de forma semelhante, dado que as parcelas tratadas com gesso agrícola apresentam média próxima ao menor valor coletado nas parcelas com gesso reciclado, que por sua vez manifesta media assemelhada ao maior valor das parcelas com gesso agrícola.

Já nas parcelas em que foram aplicados tratamentos com misturas de gesso e outros materiais a tendência de comportamento semelhante é menor, na mistura com NPK a maior medida do gesso agrícola se equipara com a menor medida do gesso reciclado e na mistura com remineralizador, a menor medida do gesso agrícola se equipara à maior medida do gesso reciclado.

**Gráfico 04** – Médias dos valores da relação cálcio/magnésio nos tratamentos



Fonte: O Autor (2018)

### 4.1.4 - Capacidade de Troca Catiônica - CTC

Um solo com capacidade mais alta de troca de cátions, em geral, tem uma maior reserva de nutrientes. Os cátions que ficam adsorvidos nas superfícies da argila e da matéria orgânica (complexos de esfera-externa) ficam em formas prontamente disponíveis para as

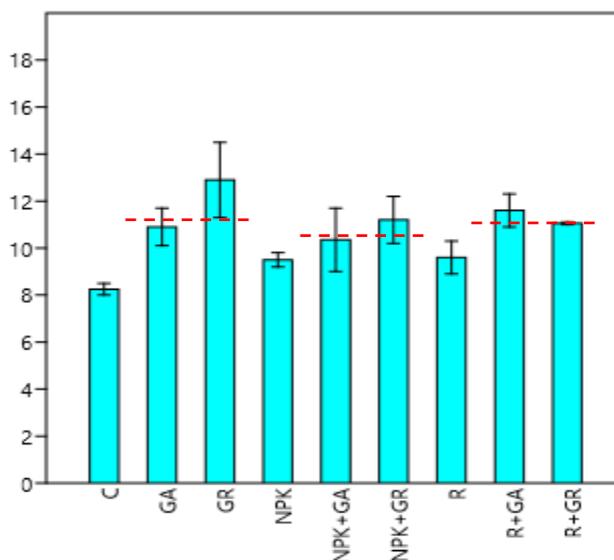
plantas e mantém um equilíbrio dinâmico com aqueles cátions que estão na solução do solo, inclusive, aqueles provenientes da água usada na irrigação. A CTC do solo se relaciona com a “reserva” de nutrientes. Nessa forma, quanto maior for a CTC do solo maior a capacidade de o solo reter os cátions em formas prontamente disponíveis para as plantas. (TAIZ & ZEIGER, 2006, apud MEDEIROS, 2017).

Considerando esta importância relativa à Capacidade de Troca Catiônica verificou-se a partir da análise estatística que o  $H = 10,96 > 2,733$ . Portanto, rejeitamos  $H_0$  a um nível de significância de 5%, ou seja, existe diferença significativa entre os grupos em relação à CTC encontrada nas amostras.

Como era esperado todas as parcelas apresentaram valores diferentes da parcela controle, entretanto, ao atentarmos, no gráfico 05, para o comportamento das parcelas tratadas com gesso temos a possibilidade de ocorrência de resultados semelhantes, seja de gesso puro, seja de gesso misturado com algum dos dois elementos utilizados.

Isto evidencia que a ação do gesso em relação à CTC do solo não varia quanto ao tipo de gesso utilizado (GA ou GR) ou quanto aos elementos que o acompanham nos tratamentos, corroborando com a hipótese de que o gesso reciclado se comporta, quando utilizado como insumo agrícola, de forma semelhante ao gesso agrícola.

**Gráfico 05** – Médias dos valores da CTC nos tratamentos



Fonte: O Autor (2018)

#### 4.1.5 – Saturação por alumínio (%m)

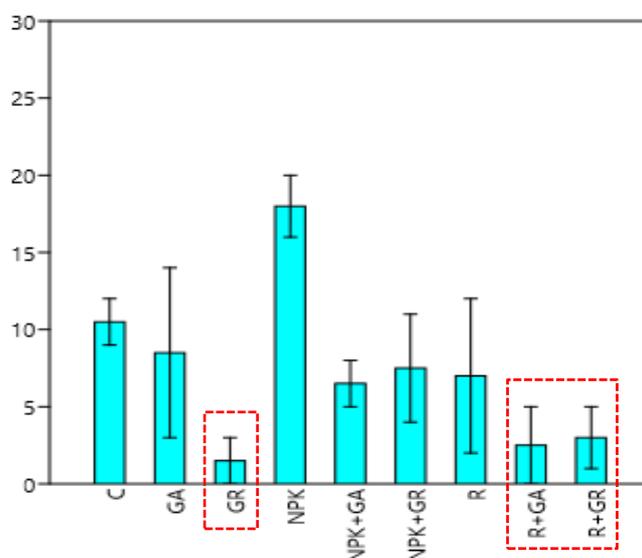
Conforme exposto por Lopes e Guilherme (1992), há uma série preferencial para as ligações representadas pela CTC, que em um sentido bem amplo seria  $H^+ \ggg Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$ . Destaca-se nessa série a posição do alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) em segundo lugar, pois o  $Al^{3+}$ , em certas quantidades que variam de acordo com outros fatores do solo, apresenta efeito tóxico ao desenvolvimento normal de um grande número de plantas.

Devido a essa atuação do alumínio trocável é importante observar a saturação por alumínio, pois esse parâmetro expressa a fração ou porcentagem da CTC que está ocupada pelo  $Al^{3+}$ , sendo que quanto maior a saturação por alumínio, menores serão os teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio na solução do solo disponível para as plantas.

Observou-se que neste aspecto o  $H = 10,28 > 2,733$ , portanto, rejeitamos  $H_0$  a um nível de significância de 5%. Vale dizer que existe diferença significativa entre os grupos em relação à saturação por alumínio encontrado nas amostras. Como esperado, em todas as parcelas que receberam gesso há uma tendência de que a saturação por alumínio seja menor que a encontrada na parcela controle, vide as médias visualizadas no gráfico 06.

Nessa observação destacam-se os comportamentos das parcelas com gesso reciclado e com os dois tipos de gesso associados ao remineralizador, que apresentaram uma diminuição da m% considerável.

**Gráfico 06** – Médias dos valores da saturação por alumínio (%m) nos tratamentos



Fonte: O Autor (2018)

Este resultado está em acordo com o que se esperava encontrar, uma vez que os dois tipos de gesso e o remineralizador são fontes potenciais de  $\text{Ca}^{+2}$  e, portanto, podem alterar de forma drástica a disponibilidade/saturação de  $\text{Al}^{+3}$  no solo. Com exceção das parcelas controle e com o NPK todos os demais tratamentos possuíam uma forte influência de cálcio nos materiais.

#### 4.1.6 – Análise *post hoc*

Após realizar a análise de variância dos grupos pelos valores dos elementos de interesse e ter constatado que em todos os casos considerados a hipótese nula ( $H_0$ ) de igualdade foi refutada pelo teste KW, igualmente submeteu-se os argumentos ao teste de Dunn que teve como resultado de destaque para o presente estudo o fato de não haver diferença significativa entre as parcelas cujos tratamentos receberam gesso em sua composição, seja isolado ou em mistura com outro material, conforme pode-se visualizar nos quadros seguintes nos quais as células com diferenças entre tratamentos são marcadas com fundo colorido.

Já a observação de não haver diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, apesar de terem sido observadas diferenças nos gráficos de médias mostrados anteriormente, ocorreu provavelmente pelo número reduzido de observações por tratamento.

##### 4.1.6.1 – Enxofre

O teste apontou que referente ao enxofre houve diferença significativa entre as parcelas controle e as parcelas que receberam remineralizador associado aos dois tipos de gesso; da mesma forma as parcelas tratadas com NPK e com remineralizador sem mistura diferiram das tratadas com remineralizador misturado aos dois tipos de gesso; Por consequência, as parcelas tratadas com remineralizador misturado aos dois tipos de gesso diferiram de forma significativa das parcelas controle e das tratadas com NPK e remineralizador sem misturas (tabela 06)

**Tabela 06 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores de enxofre**

	C	GA	GR	NPK	NPK+GA	NPK+GR	R	R+GA	R+GR
C		0,06104	0,1113	0,6396	0,1113	0,09182	0,5121	0,003691	0,006606
GA	0,06104		0,7787	0,1601	0,7787	0,8514	0,2234	0,3029	0,3993
GR	0,1113	0,7787		0,2611	1	0,9254	0,349	0,1898	0,2611
NPK	0,6396	0,1601	0,2611		0,2611	0,2234	0,8514	0,01489	0,02459
NPK+GA	0,1113	0,7787	1	0,2611		0,9254	0,349	0,1898	0,2611
NPK+GR	0,09182	0,8514	0,9254	0,2234	0,9254		0,3029	0,2234	0,3029
R	0,5121	0,2234	0,349	0,8514	0,349	0,3029		0,02459	0,03935
R+GA	0,003691	0,3029	0,1898	0,01489	0,1898	0,2234	0,02459		0,8514
R+GR	0,006606	0,3993	0,2611	0,02459	0,2611	0,3029	0,03935	0,8514	

Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.6.2 – Cálcio

No caso do cálcio, o teste indicou haver diferença significativa entre as parcelas controle e as parcelas tratadas com gesso reciclado e com a mistura de remineralizador e gesso agrícola. As parcelas tratadas com NPK apresentaram o mesmo comportamento das parcelas controle; Entre as parcelas tratadas com gesso reciclado e as parcelas controle e tratadas com NPK; Por consequência as parcelas tratadas com a mistura de remineralizador e gesso agrícola diferiram das parcelas controle e das tratadas com NPK (tabela07)

**Tabela 07 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores de cálcio**

	C	GA	GR	NPK	NPK+GA	NPK+GR	R	R+GA	R+GR
C		0,07516	0,01489	1	0,2234	0,07516	0,5121	0,03935	0,06104
GA	0,07516		0,5121	0,07516	0,5741	1	0,2611	0,7787	0,9254
GR	0,01489	0,5121		0,01489	0,2234	0,5121	0,07516	0,7079	0,5741
NPK	1	0,07516	0,01489		0,2234	0,07516	0,5121	0,03935	0,06104
NPK+GA	0,2234	0,5741	0,2234	0,2234		0,5741	0,5741	0,3993	0,5121
NPK+GR	0,07516	1	0,5121	0,07516	0,5741		0,2611	0,7787	0,9254
R	0,5121	0,2611	0,07516	0,5121	0,5741	0,2611		0,1601	0,2234
R+GA	0,03935	0,7787	0,7079	0,03935	0,3993	0,7787	0,1601		0,8514
R+GR	0,06104	0,9254	0,5741	0,06104	0,5121	0,9254	0,2234	0,8514	

Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.6.3 - Cálcio/Magnésio

Referente à relação cálcio/magnésio, o teste mostrou haver diferença significativa entre as parcelas controle e as parcelas tratadas com gesso reciclado, com as misturas de NPK e gesso reciclado, de remineralizado com gesso agrícola e remineralizador com gesso reciclado. As parcelas tratadas com gesso reciclado diferiram das parcelas controle e das tratadas somente com NPK. Também as parcelas tratadas com NPK diferiram das tratadas com gesso reciclado, com as misturas de NPK e gesso reciclado e de remineralizador com gesso agrícola. As parcelas tratadas com a mistura de NPK e gesso agrícola e as tratadas somente com remineralizador não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos e as Parcelas tratadas com a mistura de remineralizador e gesso reciclado diferiram somente da parcela controle (tabela 08).

**Tabela 08 – Resultado do teste de Dunn referente aos valores da relação cálcio/magnésio**

	C	GA	GR	NPK	NPK+GA	NPK+GR	R	R+GA	R+GR
C		0,06737	0,01676	0,7427	0,241	0,02155	0,5114	0,01473	0,04885
GA	0,06737		0,5736	0,1334	0,5114	0,6391	0,241	0,542	0,8881
GR	0,01676	0,5736		0,03905	0,2227	0,9253	0,08267	0,9626	0,6729
NPK	0,7427	0,1334	0,03905		0,3985	0,04885	0,7427	0,03481	0,1007
NPK+GA	0,241	0,5114	0,2227	0,3985		0,2603	0,6059	0,2054	0,4253
NPK+GR	0,02155	0,6391	0,9253	0,04885	0,2603		0,1007	0,8881	0,7427
R	0,5114	0,241	0,08267	0,7427	0,6059	0,1007		0,0747	0,1891
R+GA	0,01473	0,542	0,9626	0,03481	0,2054	0,8881	0,0747		0,6391
R+GR	0,04885	0,8881	0,6729	0,1007	0,4253	0,7427	0,1891	0,6391	

Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.6.4 – CTC

Quando submetidos os valores da CTC, o teste registrou que as parcelas controle diferiram de forma significativa das parcelas tratadas com gesso reciclado e com as misturas de NPK com gesso reciclado e de remineralizador com gesso agrícola. As parcelas tratadas com gesso agrícola, NPK, NPK misturado com gesso agrícola, remineralizador e remineralizador misturado com gesso reciclado não apresentaram diferença significativa em relação às demais parcelas. Já as tratadas com gesso reciclado, NPK misturado ao gesso reciclado e remineralizador misturado com gesso agrícola diferiram somente das parcelas controle (tabela 09).

**Tabela 09 – Resultado do teste de Dunn referente à CTC**

	C	GA	GR	NPK	NPK+GA	NPK+GR	R	R+GA	R+GR
C		0,08299	0,008696	0,4535	0,1464	0,04909	0,399	0,02451	0,06091
GA	0,08299		0,3733	0,3252	0,7786	0,8148	0,3733	0,6063	0,8882
GR	0,008696	0,3733		0,06091	0,2415	0,5119	0,07501	0,7078	0,4535
NPK	0,4535	0,3252	0,06091		0,4822	0,2232	0,9253	0,1338	0,2608
NPK+GA	0,1464	0,7786	0,2415	0,4822		0,6063	0,5425	0,4257	0,6733
NPK+GR	0,04909	0,8148	0,5119	0,2232	0,6063		0,2608	0,7786	0,9253
R	0,399	0,3733	0,07501	0,9253	0,5425	0,2608		0,1598	0,3026
R+GA	0,02451	0,6063	0,7078	0,1338	0,4257	0,7786	0,1598		0,7078
R+GR	0,06091	0,8882	0,4535	0,2608	0,6733	0,9253	0,3026	0,7078	

Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.6.5 – Saturação por alumínio (m%)

O teste apontou que em relação à saturação por alumínio não foi constatada diferença significativa entre as parcelas controle, as tratadas com gesso agrícola, com mistura de NPK e gesso agrícola, NPK e gesso reciclado e remineralizador sem mistura e as demais parcelas; As parcelas tratadas com gesso reciclado e com as misturas de remineralizador e gesso agrícola e remineralizador e gesso reciclado diferiram de forma significativa somente das parcelas tratadas com NPK; Já as parcelas tratadas com NPK diferiram das parcelas tratadas com gesso reciclado e com as misturas de remineralizador com gesso agrícola e remineralizador com gesso reciclado (tabela 10).

**Tabela 10 – Resultado do teste de Dunn referente à saturação por alumínio.**

	C	GA	GR	NPK	NPK+GA	NPK+GR	R	R+GA	R+GR
C		0,6384	0,06681	0,4243	0,5412	0,5412	0,4521	0,1326	0,1729
GA	0,6384		0,1729	0,2044	0,8879	0,8879	0,7779	0,3011	0,3719
GR	0,06681	0,1729		0,008489	0,2217	0,2217	0,2797	0,7422	0,6384
NPK	0,4243	0,2044	0,008489		0,1585	0,1585	0,1209	0,02128	0,03062
NPK+GA	0,5412	0,8879	0,2217	0,1585		1	0,8879	0,3719	0,4521
NPK+GR	0,5412	0,8879	0,2217	0,1585	1		0,8879	0,3719	0,4521
R	0,4521	0,7779	0,2797	0,1209	0,8879	0,8879		0,4521	0,5412
R+GA	0,1326	0,3011	0,7422	0,02128	0,3719	0,3719	0,4521		0,8879
R+GR	0,1729	0,3719	0,6384	0,03062	0,4521	0,4521	0,5412	0,8879	

Fonte: O autor (2018).

## 4.2 – Produção vegetal

Conforme exposto por Sperb (2005) o Rendimento Biológico aparente (RBa) representa a massa seca acumulada pela parte aérea da planta, composta tanto pela parte vegetativa quanto da reprodutiva, no estágio de desenvolvimento R6 – maturidade<sup>10</sup> (foto 05) e o Índice de Colheita aparente (ICa), segundo Donald (1962 *apud* Colasante e Costa 1980) diz respeito à relação entre o rendimento de grãos e o rendimento biológico, que expressa a eficiência da translocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta, obtido a partir da divisão do peso da massa seca de grãos pelo RBa, multiplicada por 100.

**Foto 05** – Parcelas de milho em estágio de desenvolvimento R6



**Fonte:** O autor (2018)

Nessa pesquisa, para obtenção do RBa foi coletada uma amostra de indivíduos representativos de todos os tratamentos em todas as parcelas. Para determinar a quantidade de indivíduos foi calculada uma amostra aleatória simples considerando uma população de 576 indivíduos (16 por parcela em 36 parcelas), nível de confiança de 95% e margem de erro de 5% que resultou na necessidade de coletar 231 indivíduos, ou seja 6,4 indivíduos por parcela. Entretanto decidiu-se coletar apenas 6 indivíduos por parcela, a uma margem de erro de 5,28%, totalizando 216 indivíduos.

---

<sup>10</sup> Há seis estágios reprodutivos que iniciam no R1 com a plena emergência dos cabelos de milho – embonecamento e finalizam no R6, quando atinge a maturidade fisiológica dos grãos.

Os indivíduos da amostra foram elegidos seguindo como critérios que em cada parcela fosse coletado um em cada linha (no mínimo) e que a amostra possuísse todas as estruturas da parte aérea, do pendão à espiga, sendo o corte realizado rente ao solo, já que não seria possível remover o sistema radicular completo do solo.

Dessa forma a amostra foi coletada e subdividida pelos tratamentos, resultando em cerca de 900 litros de material pesando 65.620 gramas, separado em três tipos: (i) caule, folhas, pendão e palha; (ii) sabugo; e (iii) grãos. Pelo volume e a indisponibilidade de estufas para secar esse volume de material optou-se por deixa-lo secar ao ar livre com temperatura ambiente, em área coberta, do dia 24 de fevereiro ao dia 24 de abril. Após esse período o material foi pesado em uma balança digital de gancho modelo BXD 602, com graduação de 10g, tendo sido obtidos os dados da tabela 11.

**Tabela 11** – Material vegetal produzido.

Tratamento	Caule, folhas, pendão e palha (g)	Sabugo (g)	Grãos (g)	RBa(g)	ICa (%)
C	6.260	270	1.100	7.630	14,4
GA	4.990	310	860	6.160	14,0
GR	6.630	350	1.010	7.990	12,6
R	4.160	230	880	5.270	16,7
NPK	6.440	270	770	7.480	10,3
R+GR	5.870	330	950	7.150	13,3
R+GA	7.580	710	250	8.540	2,9
NPK+GR	5.730	1300	420	7.450	5,6
NPK+GA	6.330	400	1.220	7.950	15,3

Fonte: O Autor (2018)

Há de se realizar uma ressalva quanto à quantidade de grãos produzidos, uma vez que o experimento recebeu constantes visitas de aves e de primatas que consumiram o terço apical de várias espigas, deixando-as desprotegidas à investidura de outros agentes como insetos e fungos, o que pode ter contribuído para a diminuição da quantidade e do peso dos grãos.

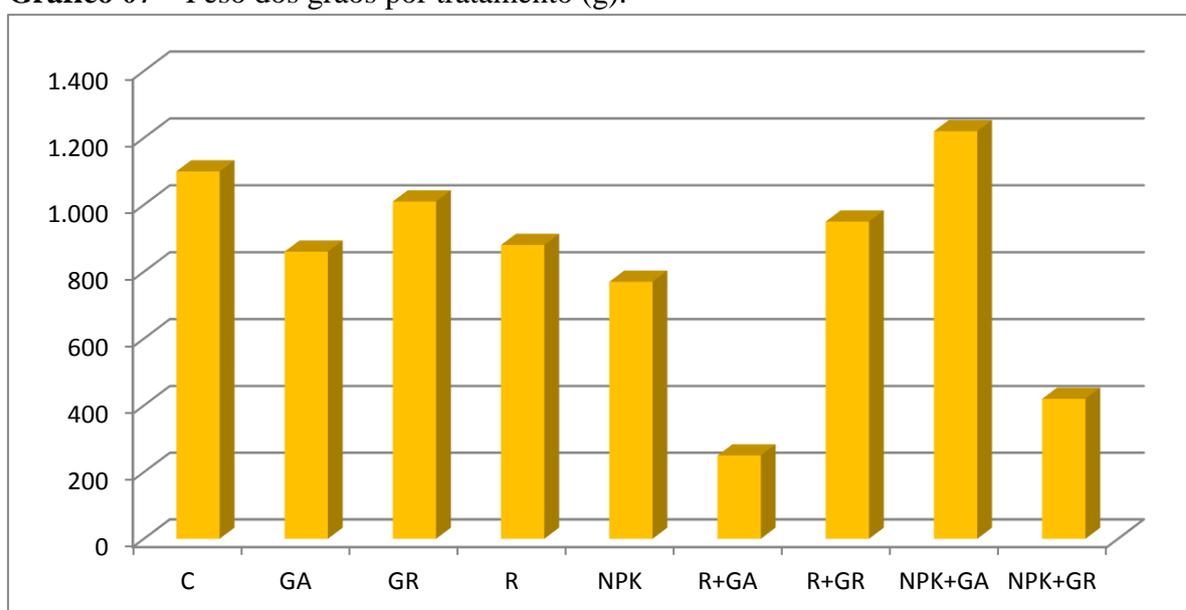
Ao observarmos de forma isolada a produção de grãos (gráfico 7), em relação ao tratamento Controle (C), de forma geral, temos como destaque o único tratamento que o supera e o NPK+GA, associação comumente utilizada por grandes produtores. Em seguida vemos o tratamento somente com GR com valores próximo ao Controle, o tratamento com R e o tratamento com GA.

Já se dividirmos os tratamentos em dois grupos, tratamentos com elementos isolados e tratamentos com misturas, verificamos que, de um lado, no primeiro grupo, todos os tratamentos produziram resultados inferiores aos do Controle, sendo o GR o que mais se

aproximou, ainda que seja um desempenho inferior. O R e o NPK tiveram o pior desempenho.

Por outro lado, no segundo grupo, somente o tratamento NPK+GA superou a produção do Controle, enquanto o tratamento R+GR se aproximou e os tratamentos NPK+GR e R+GA produziram menos que a metade do Controle.

**Gráfico 07** – Peso dos grãos por tratamento (g).



Fonte: O Autor (2018)

Ao observarmos o ICa, verificamos que ocorreu uma variação de 13,8 pontos percentuais entre os tratamentos com menor e maior índice, valor superior à média que foi de 11,7% e que a mediana de 13,3%. Entretanto, apesar dessa variação significativa, não ocorreu variância estatisticamente significativa entre os tratamentos.

Apesar de não haver variância significativa, pode-se inferir que o tratamento com Remineralizador foi o que propiciou maior eficiência no transporte dos produtos da fotossíntese para os grãos.

Infere-se que pelo fato de o remineralizador ser um material não sintético (pó de rocha) sem a adição de qualquer aditivo e que não ter passado por nenhum processo industrial que alterasse de forma significativa suas características (somente redução de granulometria, pela moagem), como por exemplo a calcinação a qual o gesso reciclado foi submetido, sendo apresentado às plantas como qualquer outro componente do solo, ele tenha sido o tratamento melhor assimilado pelos processos biológicos dos vegetais, explicando-se assim a eficiência apontada pelo ICa.

### 4.3 – Custo do gesso entregue na propriedade

Para levantar o custo da aquisição da tonelada de gesso agrícola entregue na propriedade de referência foram consultados vários sites de venda de produtos agrícolas e de contratação de frete, sendo que em relação aos preços do gesso agrícola foi observada uma uniformidade enquanto os preços do frete possuem variações consideráveis.

Entretanto, foram escolhidos como referência os sites MF Rural e Truckpad<sup>11</sup> que apresentara como menor valor de aquisição e transporte o gesso vendido em Uberaba – MG por R\$ 62,50/t acrescido do frete de R\$ 550,00/t totalizando o custo de R\$ 612,50/t.

Já para determinação do provável custo da tonelada de gesso reciclado, na ausência de uma cadeia produtiva desse material (produto), considerou-se o tempo/força de trabalho utilizada para produzir a quantidade necessária para o experimento e o frete do ponto de coleta mais distante até uma propriedade no núcleo rural Pipiripal II em Planaltina – DF.

Como em duas horas de trabalho foram produzidos 50 kg de gesso seriam necessárias 40 horas para produzir uma tonelada, com o custo de R\$ 18,75 h/homem o custo de produção de uma tonelada seria de R\$ 750,00 mais R\$ 100,00, totalizando o custo de R\$ 850,00/t.

---

<sup>11</sup> [www.mfrural.com.br](http://www.mfrural.com.br) e [www.truckpad.com.br](http://www.truckpad.com.br) com valores atualizados dia 01/05/2018.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A busca por um ambiente equilibrado e saudável adequado ao desenvolvimento humano tem sido tema de debate frequente na sociedade contemporânea, As discussões abordam temas relacionados à eficácia do modelo de desenvolvimento das ciências e suas metodologias compartilhadas, mas também, e especialmente, a relação do uso da terra seja pela preservação/conservação das áreas de vegetação natural seja pelo uso para finalidades produtivas, como por exemplo, a agropecuária e florestas plantadas

Dessa forma, entendendo que está se falando de um sistema com vínculos sinérgicos bastante estreitos e interdependentes é importante destacar que uma ação ocorrida em uma parte pode apresentar suas consequências em outra. No caso dos resíduos produzidos nas áreas urbanas suas consequências podem promover efeitos negativos não somente onde foi produzido, mas, também, nas áreas rurais. Como mostrado ao longo dessa dissertação, o processo de geração de resíduos da construção civil ainda está longe de ser resolvida, ainda que a legislação sancionada por meio da Lei nº 12.305/10 (Política Nacional de resíduos Sólidos) tenha permitido importantes avanços. Desde a sanção dessa Lei, outros desdobramentos se tornaram possíveis, entre os quais o reaproveitamento de materiais para mitigar impactos ambientais

Esse cenário de busca de alternativas e maior controle ambiental também está presente no Distrito Federal, que apesar de sua pequena extensão espacial (se comparado com as outras Unidades da Federação) abriga relações intensas entre a cidade e o campo, inclusive com sobreposições de funções. Assim, com esse pano de fundo, a presente pesquisa foi desenvolvida buscando, em linhas gerais, apontar para mais uma alternativa para mitigar os problemas causados pelo gesso gerado a partir da geração de resíduos da construção civil e, que em muitos casos, vem sendo depositado de forma irregular em locais inapropriados. Esse tipo de material apresenta uma composição química (cálcio e magnésio) interessante para uso agrícola> Considerando a importância da agricultura familiar na área rural do DF, tais materiais podem se converter em uma alternativa para o incremento de renda em meio às famílias rurais, o que traria como benefícios a melhoria da qualidade de vida para os agricultores e suas famílias, que residem nas áreas periurbanas. O sucesso dessa empreitada pode potencializar um desenvolvimento rural de forma mais efetiva.

Considerando tais possibilidades, a presente pesquisa teve como hipótese principal que o gesso proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil promoveria um resultado semelhante ao gesso agrícola no cultivo de culturas de ciclo curto, propiciando condições para

que os sistemas radiculares explorem um pacote maior de solo e alcance oferta de água em camadas subsuperficiais propiciando o aumento de produtividade. O teste conduzido a campo mostrou que os diferentes tratamentos com e sem a presença do gesso reciclado, oriundo dos resíduos da construção civil obtiveram os seguintes resultados:

- a. As parcelas tratadas com gesso reciclado (GR), seja isolado ou em mistura, se comportaram de forma semelhante às tratadas com gesso agrícola (GA) na maioria dos aspectos observados e quando diferiu, apresentou resultados melhores, o que demonstra que o gesso reciclado é um substitutivo eficiente se comparado ao seu similar, que vem sendo comercializado tradicionalmente, quando se considera a disposição de nutrientes e o condicionamento do solo;
- b. A aplicação do gesso reciclado (GR) de forma isolada (sem estar compondo qualquer mistura) é a que apresentou melhores resultados para esse material, aproximando seus resultados da mistura comercial comum formada pelos sintéticos nitrogênio, fósforo, potássio (NPK) e gesso agrícola (GA);
- c. Entre os tratamentos constituídos por misturas que tiveram o gesso reciclado (GR) na sua composição, o que apresentou melhores resultados foi a associação ao remineralizador (R);
- d. Dos tratamentos que foram constituídos com a presença do gesso agrícola (GA), somente a mistura NPK+GA apresentou resultados melhores que os demais;
- e. No tratamento com remineralizador (R) sem mistura, as plantas apresentaram a melhor eficiência na conversão dos nutrientes presentes no solo em biomassa, considerando toda a parte aérea das plantas;
- f. Considerando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a sua saturação por alumínio trocável (m%) de forma conjunta, verificou-se que o tratamento com gesso reciclado (GR) foi o que apresentou melhor resultado obtendo o maior aumento da CTC ao mesmo tempo que promoveu a maior redução da %m. Nesse aspecto o remineralizador também se destacou nos tratamentos nos quais foi misturado ao gesso agrícola (GA) ou ao gesso reciclado (GR), possivelmente porque enquanto o enxofre do gesso reagiu com o alumínio aumentando a CTC, o cálcio do remineralizador somado ao cálcio do gesso diminuíram a saturação por alumínio (%);
- g. Ao observar os parâmetros de forma isolada, em alguns casos as parcelas controle (C) apresentaram resultados melhores que a maioria dos demais tratamento, o que suscita a necessidade de se realizar outras investigações com mais controle, como

os que são realizados em ambientes como viveiro e casa de vegetação, além de um estudo preliminar para determinar as proporções mais apropriadas dos materiais a serem aplicados quando em mistura; Como um dos efeitos da aplicação do gesso e possibilitar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, a não utilização do peso das raízes no cálculo pode ter desviado os resultados do Rendimento Biológico aparente e do Índice de Colheita aparente da real contribuição que os tratamentos com gesso possam ter dado;

- h. Uma composição simples para o custo do gesso reciclado (GR) revelou que para o utilizar como insumo agrícola o custo seria superior ao do produto comercial atualmente utilizado, o gesso agrícola (GA) o que aponta a necessidade de constituição de uma cadeia produtiva para que se tenha ganho em escala e consequente adequação do custo para níveis competitivos;

Como apresentado na presente dissertação, e de acordo com os dados coletados no desenvolvimento dessa pesquisa, os objetivos propostos foram alcançados, sendo que os testes agrícolas conduzidos com diferentes tratamentos e misturas, incluindo o gesso reciclado, foi possível concluir que este tipo de insumo possibilita a neutralização do alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) no solo. Para além disso, o GR apresentou um comportamento semelhante ao seu similar (GA) no que se refere à disponibilização de cálcio e magnésio.

Do ponto de vista produtivo, e considerando a cultura do milho, averiguou-se que este insumo somente não se igualou em eficiência ao seu equivalente comercializado no que se refere ao custo para disponibilizá-lo na propriedade. Mas este fato decorre, provavelmente, porque ainda não há o desenvolvimento de uma cadeia de processamento do material de forma adequada. Ainda que tais resultados econômicos mostrassem uma desvantagem comparável entre os dois tipos de gesso, a utilização do gesso reciclável mostra-se promissor, como uma tecnologia alternativa e aderente a busca por formas de produção mais sustentáveis, com menor uso/extração de recursos naturais.

Por fim, recomenda-se que investigações semelhantes a essa sejam assessoradas por uma equipe multidisciplinar, de forma que outros fatores possam ser considerados, tanto no que se refere à cadeia de produção beneficiamento desse insumo, quanto na forma de tratamento estatístico dos parâmetros considerados. Nesse último caso, a participação de um profissional da área de estatística poderia contribuir grandemente com o planejamento e design dos testes experimentais.

Ainda que se considere a importância da estatística como ferramenta de análise, é necessário chamar a atenção de que também essa ciência precisa encontrar novas formas de

analisar os dados, segundo um padrão que considere a evolução da agricultura por caminhos mais sustentáveis e diversos. As interações entre os fatores e os indicadores considerados em pesquisas agroecológicas comportam-se de forma diversa daquela até aqui utilizada para experimentos de baixa diversidade e monoculturais.

Neste aspecto, um estudo semelhante, mas com complexidade mais expressiva, que vem sendo conduzida pela pesquisadora e doutora na área de fertilidade Maria Luiza Perez Villar, da Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (Empaer) e que trata do ciclo completo para transformar o gesso reciclado em insumo para a rizicultura é um exemplo da pertinência do tipo de estudo conduzido na presente dissertação. Muito há ainda o que ser feito com relação à transformação de materiais considerados rejeitos em subprodutos adequados a outros fins, mas é necessário enfrentar este desafio, para que a humanidade tenha possibilidade de permanecer evoluindo de forma mais integrada à natureza.

## REFERÊNCIAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13207: **Gesso para construção civil**. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgsjMAH/nbr-13207-1994-gesso-construcao-civil>. Acesso em: 2016-10-08.

ALMEIDA, Daniele M. *et al.* **Aditivos para melhoria das características físicas de placas de gesso acartonado reciclado**. Campo Mourão – PR, IX Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 2015.

ALVAREZ, Vitor H. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P. 595-664.

ALVES, Henrique V. G. *et al.* **Dinâmica da solução do solo após a adição de gesso em solo ácido**. In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX 2013. UFRPE: Recife, 09 a 13 de dezembro. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1151-1.pdf> Acesso em: 2015-08-10

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL (DRYWALL). **Resíduos de Gesso na Construção Civil: coleta, armazenagem e destinação para reciclagem**. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/22.pdf>. Acesso em: 2015-08-10.

BLANKENAU, Klaus. **Cálcio nos solos e nas plantas**. In: Informações Agronômicas, nº 117 – março/2007, IPNI – International Plant Nutrition Institute, Piracicaba - SP, 2007. Disponível em: [http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/DD1F2EC9E266DDB483257AA1006147E9/\\$FILE/Jornal-117.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/DD1F2EC9E266DDB483257AA1006147E9/$FILE/Jornal-117.pdf). Acesso em: 2017-10-07.

BLUMENSCHNEIDER, Raquel Naves. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção**. Brasília, 2004, 249 p. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002**. Brasília. Diário Oficial da União, de 30 de agosto de 2002, seção I, p. 17.241.

BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004**. Aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm). Acesso em: 2015-08-09

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 2015-08-09.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 35, de 04 de julho de 2006**. Disponível em:

faolex.fao.org/docs/texts/bra67952.doc. Acesso em 2016-20-09.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Centro de Tecnologia Mineral. **Agrominerais para o Brasil**. Editores José Farias de Oliveira; Francisco Rego Chaves Fernandes; Zuleica C. Castilhos. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2010.

BUAINAIN, A. M.; GUANZIROLI, C.; SOUZA FILHO, H. M. de; BÁNKUTI, F. I. **Peculiaridades regionais da agricultura familiar brasileira**. In: SOUZA FILHO, H. M. de; BATALHA, M. O. (org.) *Gestão Integrada da Agricultura Familiar*. São Carlos: EdUFSCar, 2005.

COELHO, Antônio Marcos. **Nutrição e Adubação do Milho**. Circular Técnica nº 78, Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_78.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_78.pdf). Acesso em: 2015-08-16.

COLASANTE, Luiz Osvaldo e COSTA, José Antônio. **Índice de colheita e rendimento biológico, na comparação da eficiência de variedades de soja**. In: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, V. 16, Brasília – DF: Embrapa Sede, 1981. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/16857/11187>. Acesso em: 2016-10-11.

CORREIA, João Roberto *et al.* **Caracterização de ambientes na chapada dos veadeiros / vale do Rio Paraná: contribuição para a classificação brasileira de solos**. Documentos 47, Planaltina-DF: Embrapa Cerrados/ Embrapa Solos, 2001. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/download/274/t> Acesso em: 2017-03-15.

CRUZ, José Carlos *et al.* **Produção de milho na agricultura familiar**. Circular Técnica nº 159, Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45735/1/circ-159.pdf>. Acesso em: 2015-08-16.

DISTRITO FEDERAL. **Síntese de Informações Socioeconômicas 2014**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan). Brasília: Codeplan, 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Agricultura Familiar no Distrito Federal – Dimensões e Desafios**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan). Brasília: Codeplan, 2015.

DISTRITO FEDERAL. **Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal - 2015**. Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU). Brasília: 2016.

DEL GROSSI, Mauro Eduardo e SILVA, José Graziano da. **O Novo Rural: uma abordagem ilustrativa**. v. II. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2002.

ECHART, Cinara Lima e MOLINA, Suzana Cavalli. **Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético**. *Ciência Rural*, Santa Maria – RS, v.31, n.3, p.531-541, 2001. Disponível em: <http://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/15496/16362>. Acesso em: 2015-08-23.

GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. Gabinete Civil da Governadoria. Superintendência de Legislação. **Decreto Nº 5.419, de 07 de Maio de 2001**. Disponível em:

[http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/decretos/numerados/2001/decreto\\_5419.htm](http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/decretos/numerados/2001/decreto_5419.htm). Acesso em: 2017-08-04.

GUEDES, Gilberto Gomes e FERNANDES, Mônica. **Gestão ambiental de resíduos sólidos da construção civil no Distrito Federal**. Universitas Gestão e TI, Brasília – DF, v. 3, n. 1, p. 39-50, jan./jun., 2013. Disponível em: <http://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/index.php/gti/article/view/2176/2034> Acesso em: 2015-09-13.

HAMMER, Ø., 2016. **Paleontological Statistics: Reference manual**, Version 3.14, 252p. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>

HAMMER, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D., 2001. **PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis**. Palaeontologia Electronica 4(1): 9p. Disponível em: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

JOHN, Vanderley M.; CINCOTTO, Maria A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo. 2003. Disponível em: [http://www.sibr.com.br/sibr/portal.jsp?id=9&pagina=artigo.jsp&artigo\\_id=159](http://www.sibr.com.br/sibr/portal.jsp?id=9&pagina=artigo.jsp&artigo_id=159) Acesso em: 2017-01-10

LASSO, Paulo Renato Orlandi. **Avaliação da utilização de resíduos de construção civil e de demolição reciclados (RCD-R) como corretivos de acidez e condicionadores de solo**. 2011. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-01022012-151224/>. Acesso em: 2015-09-05.

LATRUBESSE, Edgardo M. e CARVALHO, Thiago Morato de. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Série Geologia e Mineração, nº 2. Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia - GO, 2006. Disponível em: [http://www.sieg.go.gov.br/downloads/Livro\\_geomorfolgia.pdf](http://www.sieg.go.gov.br/downloads/Livro_geomorfolgia.pdf) Acesso em: 2014-03-15.

LEONARDOS, O. H., FYFE, W. S. e KRONBERG, B. I. Rochagem: **O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. Anais 29 Congresso. Brasil. Geol., BH, p: 137 – 145. 1976

LIMA, M. **Custeio do transporte rodoviário de cargas**. In: FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE P. (Eds.). Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e de recursos. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

LOPES, Alfredo S. e GUILERME, Luiz Roberto G. **Interpretação de análise de solo: Conceitos e Aplicações**. Boletim Técnico nº 2, 3ª edição. São Paulo – SP. Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1992. Disponível em: [http://www.anda.org.br/multimidia/boletim\\_02.pdf](http://www.anda.org.br/multimidia/boletim_02.pdf). Acesso em: 2017-02-06.

MASCHIETTO, Evandro Henrique. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, PR, 2009. Disponível em: [http://bicen-tede.uepg.br/tde\\_arquivos/2/TDE-2009-11-25T080511Z-](http://bicen-tede.uepg.br/tde_arquivos/2/TDE-2009-11-25T080511Z-)

318/Publico/Evandro%20H%20G%20Maschietto.pdf. Acesso em: 2016-06-14.

MARQUES, Raul Jorge. **Desenvolvimento local em espaço rural e novas competências: a participação dos cidadãos no Conselho de Santa Comba Dão**. Lisboa: Universidade de Lisboa. 2000.

MARTINS, Éder de Souza (1998) **Sistemas pedológicos do Distrito Federal**. In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, Brasília : SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, CD-ROM. v. 1

MEDEIROS, Fernanda de Paula. **Uso de remineralizadores associados a policultivos para produção da palma forrageira no semiárido baiano**. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural da Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2017.

MONTEIRO, Roberto S. *et al.* **Geração de Resíduos de Gesso em Empresas de Construção Civil em Maceió – AL**. In: ENTAC 2010 – XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. Canoas – RS. Disponível em: <http://docplayer.com.br/25491013-Geracao-de-residuos-de-gesso-em-empresas-de-construcao-civil-de-maceio-al.html>. Acesso em: 2017-09-02

NEUMANN, Marina Rolim Bilich. **Mapeamento digital de solos, no Distrito Federal**. 2012. xii, 110 f., il. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/11026>. Acesso em: 2016-06-10.

PINHEIRO, Sayonara Maria M. **Gesso reciclado: avaliação das propriedades para uso em Componentes**, 2011. Disponível em: <http://pct.capes.gov.br/teses/2011/33003017041P4/TES.PDF>. Acesso em: 2017-07-10.

PONTES, Antônio Carlos F. e CORRENTES, José Eduardo. **Comparações múltiplas não-paramétricas para o delineamento com um fator de classificação simples**. In: Revista de Matemática e Estatística. São Paulo, 19: 179-197, 2001. Disponível em: [http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v19/A10\\_Artigo.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v19/A10_Artigo.pdf). Acesso em: 2016-11-06.

PORTAL FATOR BRASIL. **Nova resolução do Conama define que gesso é totalmente reciclável**. 2011. Disponível em: [http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver\\_noticia.php?not=160684](http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=160684). Acesso em: 2016-06-14.

RANIERI, Simone Beatriz Lima. **Elaboração de diagnóstico dos aspectos naturais (bióticos e abióticos) visando criação de unidades de conservação na região da Chapada dos Veadeiros/GO**. Projeto “Políticas para o Cerrado e Monitoramento do Bioma” Iniciativa Cerrado Sustentável - MMA (P091827), Termo de Referência no 2011.1125.00002-3. Disponível em: <http://www.altoparaiso.go.gov.br/IMG/PDF/Noticiaspdf20150922160345.pdf>. Acesso em: 2017-20-03.

RIBEIRO, Abrahão S. **Produção de gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil**. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em: <http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/5554/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 2010-10-02.

ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal.** 2006. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2006. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3126/1/2006\\_Eider%20Gomes%20de%20Azevedo%20Rocha.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3126/1/2006_Eider%20Gomes%20de%20Azevedo%20Rocha.pdf). Acesso em: 2015-08-30.

RONQUIM, Carlos Cesar. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8. Campinas - SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/882598/conceitos-de-fertilidade-do-solo-e-manejo-adequado-para-as-regioes-tropicais>. Acesso em: 2016-11-10.

RODRIGUES, William Costa, 2016. Visão Geral do PAST (PAleontological STatistical). Estatística na Mão. Disponível em: <http://estatisticanamao.agroamb.com.br/estatisticanamao/artigos.aspx?Id=10?ID=10>. Acesso em: 2018-05-07.

SALVADOR, Jetro t.; CARVALHO, Tereza C.; LUCCHESI, Luiz A. C.. **Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes.** Revista Acadêmica: Ciência Animal, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 27-32, jan. 2011. ISSN 1981-4178. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/11060/10445>>. Acesso em: 2017-10-07.

SANTOS, Paulo Medeiros dos *et al.* **Uso de resíduos de gesso como corretivo em solo salino-sódico.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia – GO, v. 44, n. 1, p. 95-103, jan./mar., 2014. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/27197/16312>> Acesso em: 2015-08-09.

SCHNEIDER, Sérgio. **Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade.** Revista Brasileira de Ciências Sociais. V. 18. n. 51 p. 99-121. fev 2003.

SCHNEIDER, Sérgio. **A pluriatividade e o desenvolvimento rural brasileiro.** In: BOTELHO FILHO, F. B. (org.) Agricultura familiar e desenvolvimento territorial – contribuições ao debate. Brasília: Universidade de Brasília. Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares, Núcleo de Estudos Avançados. V.5, n.17, 2005. p. 23-42.

SCHNEIDER, Sergio. et al. **A pluriatividade e as condições de vida dos agricultores familiares do Rio Grande do Sul.** In :SCHNEIDER, Sergio (Org.). A diversidade da agricultura familiar. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006, p. 137-165.

SFREDO, Gedi J. e LANTAMANN, Áureo F. **Enxore: nutriente necessário para maiores rendimentos da soja.** Circular Técnica 53. Londrina - PR: Embrapa Soja, 2007. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35336/1/2007-Circular-Tecnica.n.53.Enxofre-21x28-OK.pdf> Acesso em: 2017-10-07

SILVA, José Graziano da. **A Nova Dinâmica da Agricultura Brasileira.** Campinas, Instituto de Economia/ Unicamp, 1996.

SILVA, José Graziano da. **Velhos e novos mitos do rural brasileiro.** Revista de Estudos Avançados 15 (43), 2001. p. 37-50.

SILVA, Juslei Figueiredo da. **Milho safrinha em espaçamento reduzido consorciado com populações de plantas de *Brachiaria ruziziensis***. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da grande Dourados. Dourados - MS, 2014. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Juslei%20Figueiredo%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 2016-23-09.

SOUSA, Djalma M. Gomes de *et al.* **Uso de Gesso Agrícola nos Solos do Cerrado**. Circular Técnica 32. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em: [www.cpac.embrapa.br/download/2180/t](http://www.cpac.embrapa.br/download/2180/t) Acesso em: 2015-08-09.

SPERB, Daniel Fagundes. **Alterações na relação fonte-demanda no rendimento de grãos e crescimento da soja**. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia apresentada à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/6279>. Acesso em: 2018-03-10.

STRIPP, Silvia R. e CASARIN, Valter. **A importância do enxofre na agricultura brasileira**. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n. 129. p. 14-20, 2010.

THEODORO S. H. **A Fertilização da Terra pela Terra: Uma Alternativa de Sustentabilidade para o Pequeno Produtor Rural**. Tese de doutorado. UnB, 231 p., 2000.

THEODORO S. H. **A construção do marco legal dos remineralizadores**. Anais do III Congresso brasileiro de Rochagem. Pelotas. 2016 (no prelo).

THEODORO, S. H. E ALMEIDA, E. de. **Agrominerais: e a construção da soberania em insumos agrícolas no Brasil**. *Agriculturas*. V. 10. N. 1. Pp 22- 28 Disponível em: <http://aspta.org.br/revista-agriculturas/>. 2013

WANDELEY, Maria de Nazaré Baudel. **Raízes Históricas do Campesinato Brasileiro**. In: TEDESCO, J. C. (org.). *Agricultura Familiar Realidades e Perspectivas*. 2ª ed. Passo Fundo: EDIUPF, 1999.

# APÊNDICE A – Análise de Ca, SO<sub>4</sub>, Pb, Cd, As e Hg



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
 Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
 CRS 511 Sul, Bloco B, n° 49 – CEP: 70.361-520 – Brasília – DF  
 (61) 3346-3611, 3346-1622



INTERESSADO : HÉLIO PEREIRA FEITOSA  
 PROPRIEDADE :  
 MUNICÍPIO/UF. :  
 BOLETIM DE N° : 9021/10Maio18

## ANÁLISE DE SAL MINERAL

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: AGRÍCOLA

### RESULTADOS FORNECIDOS EM G

CÁLCIO - Ca	13,80
FÓSFORO - P	x
RELAÇÃO Ca:P, sem unidade	x
ENXÔFRE - S	X
MAGNÉSIO - Mg	X
PROTEÍNA	x

### RESULTADOS FORNECIDOS EM MG

COBRE - Cu	X
FERRO - Fe	X
MANGANÊS - Mn	X
ZINCO - Zn	X
COBALTO - Co	x

### DETERMINAÇÕES ESPECIAIS, em %

SULFATO - SO <sub>4</sub>	16,70
---------------------------	-------

INSTRUÇÃO NORMATIVA n° 27, de 05/Junho/2006 - CONTAMINANTES, do Ministério da Agricultura - MAPA

### METAIS PESADOS - RESULTADOS EM mg/Kg

			LQ
ARSÊNIO - As	IN n° 27: máximo de 20 mg/kg	0,023	0,001
CÁDMIO - Cd	IN n° 27: máximo de 3 mg/kg	<0,001	0,001
CHUMBO - Pb	IN n° 27: máximo de 150 mg/kg	<0,001	0,001

### DETERMINAÇÕES ESPECIAIS - RESULTADOS EM mg/Kg

			LQ
MERCÚRIO - Hg	IN n° 27: máximo de 1 mg/kg	<0,001	0,001

Paulo Cesar

CRQ 12ª Região 12100079

INTERESSADO : HÉLIO PEREIRA FEITOSA  
 PROPRIEDADE :  
 MUNICÍPIO/UF. :  
 BOLETIM DE N° : 9021/10Maio18

ANÁLISE DE SAL MINERAL

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: COMUM

RESULTADOS FORNECIDOS EM G

CÁLCIO - Ca	18,60
FÓSFORO - P	x
RELAÇÃO Ca:P, sem unidade	x
ENXÓFRE - S	x
MAGNÉSIO - Mg	x
PROTEÍNA	x

RESULTADOS FORNECIDOS EM MG

COBRE - Cu	x
FERRO - Fe	x
MANGANÊS - Mn	x
ZINCO - Zn	x
COBALTO - Co	x

DETERMINAÇÕES ESPECIAIS, em %

SULFATO - SO <sub>4</sub>	16,20
---------------------------	-------

INSTRUÇÃO NORMATIVA n° 27, de 05/Junho/2006 - CONTAMINANTES, do Ministério da Agricultura - MAPA

METAIS PESADOS - RESULTADOS EM mg/Kg

			LQ
ARSÊNIO - As	IN n° 27: máximo de 20 mg/kg	0,001	0,001
CÁDMIO - Cd	IN n° 27: máximo de 3 mg/kg	<0,001	0,001
CHUMBO - Pb	IN n° 27: máximo de 150 mg/kg	<0,001	0,001

DETERMINAÇÕES ESPECIAIS - RESULTADOS EM mg/Kg

			LQ
MERCÚRIO - Hg	IN n° 27: máximo de 1 mg/kg	<0,001	0,001

Paulo Cesar

CRQ 12ª Região 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B, nº 49 – CEP: 70.361-520 – Brasília – DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



INTERESSADO : HÉLIO PEREIRA FEITOSA  
PROPRIEDADE :  
MUNICÍPIO/UF. :  
BOLETIM DE N° : 9021/10Maio18

ANÁLISE DE SAL MINERAL

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

ACARTONADO

RESULTADOS FORNECIDOS EM G

CÁLCIO - Ca	19,10
FÓSFORO - P	x
RELAÇÃO Ca:P, sem unidade	x
ENXÔFRE - S	X
MAGNÉSIO - Mg	X
PROTEÍNA	x

RESULTADOS FORNECIDOS EM MG

COBRE - Cu	X
FERRO - Fe	X
MANGANÊS - Mn	X
ZINCO - Zn	X
COBALTO - Co	x

DETERMINAÇÕES ESPECIAIS, em %

SULFATO - SO <sub>4</sub>	16,10
---------------------------	-------

INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 27, de 05/Junho/2006 - CONTAMINANTES, do Ministério da Agricultura - MAPA

METAIS PESADOS - RESULTADOS EM mg/Kg

ARSÊNIO - As	IN nº 27: máximo de 20 mg/kg	0,032	LQ 0,001
CÁDMIO - Cd	IN nº 27: máximo de 3 mg/kg	<0,001	0,001
CHUMBO - Pb	IN nº 27: máximo de 150 mg/kg	<0,001	0,001

DETERMINAÇÕES ESPECIAIS - RESULTADOS EM mg/Kg

MERCÚRIO - Hg	IN nº 27: máximo de 1 mg/kg	<0,001	LQ 0,001
---------------	-----------------------------	--------	-------------

Paulo Cernan

CRQ 12ª Região 12100079

## APÊNDICE B – Resultado da Análise de Solo em Três Profundidades.



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: HÉLIO PEREIRA FEITOSA  
Município: Alto Paraíso de Goiás - GO  
Amostra: GLEBA ESPERIMENTAL

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 15/03/2017 18:29:52

Propriedade: FAZENDA MONJOLINHO  
Número do Boletim: 232

	VR = Valor de Referência
<b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>	<b>40-60</b>
Argila, g/Kg	575
Areia, g/Kg	300
Silte, g/Kg	125
<hr/>	
<b>COMPLEXO SORTIVO</b>	
pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade	4,8
VR: Muito Ácido < 5,0 Média Acidez: 5,0 a 5,5 Adequada Acidez: 5,6 a 6,9 Alcalino: 7,0 a 7,8 Muito Alcalino: > 7,8	
<b>FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	1,2
Sequeiro: VR Muito baixo: 0 a 3,0 Baixo: 3,1 a 5 Médio: 5,1 a 8 Adequado: 8,1 a 12 Alto: > 12	
<b>CÁLCIO - Ca, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	0,2
VR Baixo: < 2,0 Médio: < 2,0 a 5,0 Alto: > 5,0	
<b>MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	0,1
VR Baixo: < 0,4 Médio: 0,4 a 1,2 Alto: > 1,2	
<b>POTÁSSIO - K, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	0,25
VR: Baixo: < 0,06 Médio: 0,06 a 0,13 Alto: > 0,13	
<b>SÓDIO - Na, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	0,03
VR: Baixo: < 0,15 Médio: 0,15 a 0,57 Alto: > 0,57	
<b>ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	0,8
VR: Muto Baixa Toxidez: 0,0 a 0,2 Baixa Toxidez: 0,21 a 0,50 Média Toxidez: 0,51 a 1,00 Alta Toxidez: > 1,00	
<b>ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	6,2
VR: Baixa Toxidez: < 2,50 Média Toxidez: 2,5 a 5,0 Alta Toxidez: > 5,0	
<b>SOMA DAS BASES, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>	0,6
VR: Muito Baixa: < 0,61 Baixa: 0,61 a 1,80 Média: 1,81 a 3,60 Boa: 3,61 a 6,00 Muito Boa: > 6,00	
<b>CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm<sup>3</sup></b>	6,8
VR Baixo: < 7,2 Média: < 7,2 a 9,0 Adequada: < 9,1 a 13,5 Alta: > 13,5	
<b>SATURAÇÃO por BASES - V, em %</b>	9
VR: Muito Baixa: < 20 Baixa: 20,1 a 40,0 Média: 40,1 a 60 Adequada: 60,1 a 80 Alta: > 80	
<b>SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %</b>	58
VR: Adequada: < 15 Baixa: 15,1 a 30 Média: 30,1 a 50 Alta: 50,1 a 75,0 Muito Alta: > 75	
<b>SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %</b>	5
VR: Não Sódico: < 7 Pouco Sódico: 7,1 a 10,0 Médio Sódico: 11 a 20,0 Muito Sódico: 21 a 30 Excessivo Sódico: > 30	
<b>CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg</b>	5,4
VR: Baixo: < 14 Médio: 14 a 17 Adequado: 18 a 26 Alto: > 26	
<b>MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg</b>	9,3
VR: Baixo: < 24 Média: 24 a 30 Adequada: 31 a 45 Alto: > 45	
<hr/>	
<b>MICRONUTRIENTES</b>	
<b>BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	0,02
VR: Muito Baixo: < 0,16 Baixo: 0,16 a 0,35 Médio: 0,36 a 0,60 Adequado: 0,61 a 0,90 Alto: > 0,90	
<b>COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	0,55
VR: Muito Baixo: < 0,40 Baixo: 0,40 a 0,79 Médio: 0,80 a 1,20 Adequado: 1,21 a 1,80 Alto: > 1,80	
<b>FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	18,6
VR: Muito Baixo: < 9,0 Baixo: 9,0 a 18,9 Médio: 19,1 a 30 Adequado: 30,1 a 45 Alto: > 45	
<b>MANGANÉS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	2,5
VR: Muito Baixo: < 3,0 Baixo: 3,0 a 5,9 Médio: 6,0 a 8,9 Adequado: 9,0 a 12,0 Alto: > 12,0	
<b>ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	0,63
VR: Muito Baixo: < 0,50 Baixo: 0,51 a 0,99 Médio: 1,00 a 1,59 Adequado: 1,60 a 2,20 Alto: > 2,20	
<b>ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>	55,7
VR: Baixo: < 4,0 Médio: 4,0 a 10 Adequado: > 10	

6C-EC-41-BB-81-26-6C-C3-51-8F-A7-16-94-98-81-23

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-ei.com.br/soloquimica](http://www.megatecnologia-ei.com.br/soloquimica), em "Autenticar" informe a sequência acima,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079

Cliente: HÉLIO PEREIRA FEITOSA  
Município: Alto Paraíso de Goiás - GO  
Amostra: GLEBA ESPERIMENTAL

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 15/03/2017 18:29:52

Propriedade: FAZENDA MONJOLINHO  
Número do Boletim: 232

	VR = Valor de Referência	
	00-20	20-40
<b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>		
Argila, g/Kg	500	525
Areia, g/Kg	375	375
Silte, g/Kg	125	100
<b>COMPLEXO SORTIVO</b>		
pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade	5,3	5,0
VR: Muito Ácido < 5,0 Média Acidez: 5,0 a 5,5 Adequada Acidez: 5,6 a 6,9 Alcalino: 7,0 a 7,8 Muito Alcalino: > 7,8		
FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	3,6	1,3
Sequeiro: VR Muito baixo: 0 a 3,0 Baixo: 3,1 a 5 Médio: 5,1 a 8 Adequado: 8,1 a 12 Alto: > 12		
CÁLCIO - Ca, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,8	0,2
VR Baixo: < 2,0 Médio: < 2,0 a 5,0 Alto: > 5,0		
MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,6	0,1
VR Baixo: < 0,4 Médio: 0,4 a 1,2 Alto: > 1,2		
POTÁSSIO - K, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,58	0,29
VR: Baixo: < 0,06 Médio: 0,06 a 0,13 Alto: > 0,13		
SÓDIO - Na, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,03	0,02
VR: Baixo: < 0,15 Médio: 0,15 a 0,57 Alto: > 0,57		
ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	0,2	0,6
VR: Muto Baixa Toxidez: 0,0 a 0,2 Baixa Toxidez: 0,21 a 0,50 Média Toxidez: 0,51 a 1,00 Alta Toxidez: > 1,00		
ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	5,8	6,2
VR: Baixa Toxidez: < 2,50 Média Toxidez: 2,5 a 5,0 Alta Toxidez: > 5,0		
SOMA DAS BASES, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL	2,0	0,6
VR: Muito Baixa: < 0,61 Baixa: 0,61 a 1,80 Média: 1,81 a 3,60 Boa: 3,61 a 6,00 Muito Boa: > 6,00		
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm <sup>3</sup>	7,8	6,8
VR Baixa: < 7,2 Média: < 7,2 a 9,0 Adequada: < 9,1 a 13,5 Alta: > 13,5		
SATURAÇÃO por BASES - V, em %	26	9
VR: Muito Baixa: < 20 Baixa: 20,1 a 40,0 Média: 40,1 a 60 Adequada: 60,1 a 80 Alta: > 80		
SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %	9	50
VR: Adequada: < 15 Baixa: 15,1 a 30 Média: 30,1 a 50 Alta: 50,1 a 75,0 Muito Alta: > 75		
SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %	1	3
VR: Não Sódico: < 7 Pouco Sódico: 7,1 a 10,0 Médio Sódico: 11 a 20,0 Muito Sódico: 21 a 30 Excessivo Sódico: > 30		
CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg	14,6	8,9
VR: Baixo: < 14 Médio: 14 a 17 Adequado: 18 a 26 Alto: > 26		
MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg	25,1	15,3
VR: Baixo: < 24 Média: 24 a 30 Adequada: 31 a 45 Alto: > 45		
<b>MICRONUTRIENTES</b>		
BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	0,03	0,02
VR: Muito Baixo: < 0,16 Baixo: 0,16 a 0,35 Médio: 0,36 a 0,60 Adequado: 0,61 a 0,90 Alto: > 0,90		
COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	1,67	0,82
VR: Muito Baixo: < 0,40 Baixo: 0,40 a 0,79 Médio: 0,80 a 1,20 Adequado: 1,21 a 1,80 Alto: > 1,80		
FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	32,4	26,4
VR: Muito Baixo: < 9,0 Baixo: 9,0 a 18,9 Médio: 19,1 a 30 Adequado: 30,1 a 45 Alto: > 45		
MANGANÉS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	16,6	4,0
VR: Muito Baixo: < 3,0 Baixo: 3,0 a 5,9 Médio: 6,0 a 8,9 Adequado: 9,0 a 12,0 Alto: > 12,0		
ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	1,82	0,67
VR: Muito Baixo: < 0,50 Baixo: 0,51 a 0,99 Médio: 1,00 a 1,59 Adequado: 1,60 a 2,20 Alto: > 2,20		
ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm	15,5	34,8
VR: Baixo: < 4,0 Médio: 4,0 a 10 Adequado: > 10		

D6-55-78-D8-87-05-0E-2A-F0-F0-E9-3F-AE-01-A4-41

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-ei.com.br/soloquimica](http://www.megatecnologia-ei.com.br/soloquimica), em "Autenticar" informe a sequência acima,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079

# APÊNDICE C – Resultado da Análise de Solo Após os Tratamentos

## Certificado de Análise de Solo



www.campo.com.br

**CENTRO DE TECNOLOGIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº: 13366/18 REV: 00

Nome: Suzi Huff Theodoro

Propriedade: Não Informado

Endereço: Shin Q. 04 Conj. 08 Casa 13 - Lago Norte

Endereço: -

Município Brasília - DF

Cep: 71510-280

Município: -

Cep:

Solicitante: Suzi Huff Theodoro

Entrada: 13/04/2018

Emissão do Laudo: 23/04/2018

Identificações		Amostras				
Número Interno		13366/18	13367/18	13368/18	13369/18	13370/18
Identificação da Amostra		C1-2	C3-4	GA1-2	GA3-4	GR1-2
<b>Macronutrientes</b>						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
pH em água	-	5,3	5,3	5,0	4,8	5,3
pH em CaCl2	-	4,5	4,5	4,7	4,5	5,0
M.O.	dag/Kg	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2
C Org	%	1,9	1,6	1,3	1,3	1,3
P	mg/dm <sup>3</sup>	5,9	5,4	9,1	5,6	7,2
K	mg/dm <sup>3</sup>	189,0	174,0	183,0	171,0	169,0
S	mg/dm <sup>3</sup>	7,0	4,3	122,0	81,3	101,3
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	1,7	2,2	6,1	3,5	8,7
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,8	0,9	0,6	0,5	0,8
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,3	0,5	0,2	0,7	<0,1
H+Al	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	5,5	4,4	4,5	5,7	4,6
CTC	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	8,5	7,9	11,7	10,1	14,5
V	%	35	45	61	44	68
m	%	9	12	3	14	0
<b>Relações</b>						
Ca/Mg	-	2,1	2,4	10,2	7,0	10,9
Ca/K	-	3,5	4,9	13,0	8,0	20,1
Mg/K	-	1,7	2,0	1,3	1,1	1,9
<b>Saturação do Complexo de Troca</b>						
K	%	6	6	4	4	3
Ca	%	20	28	52	35	60
Mg	%	9	11	5	5	6
Na	%	0	0	0	0	0
H+Al	%	65	55	39	56	31
<b>Micronutrientes</b>						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
B	mg/dm <sup>3</sup>	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5
Zn	mg/dm <sup>3</sup>	1,8	1,0	1,3	1,2	1,1
Fe	mg/dm <sup>3</sup>	113,6	90,9	74,0	117,9	72,7
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	44,3	30,3	47,8	29,8	45,0
Cu	mg/dm <sup>3</sup>	1,5	1,2	1,1	1,4	0,9

As análises de solos são realizadas conforme Manual de Análises Químicas dos solos, Plantas e Fertilizante - 2ª edição revista e ampliada. EMBRAPA, Brasília - DF, Brasil, 2009.

A amostragem, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As amostras analisadas permanecem em nossos arquivos por 30 dias. Este certificado refere-se exclusivamente à(s) amostra(s) analisada(s). A reprodução deste certificado de análise somente pode ser realizada por completo, a reprodução parcial somente é possível com aprovação formal da CAMPO.

A incerteza dos resultados, a data e hora de realização dos ensaios são conhecidos e podem ser solicitadas a CAMPO. SAC: [sac@campanalises.com.br](mailto:sac@campanalises.com.br)

CTC a pH 7,00 | Al<sup>3+</sup>: Acidez Trocável | V%: Sat. Bases | m%: Sat. Alumínio | Na+: trocável



*Suzi Huff*  
Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima  
Responsável Técnico  
CREA - 34.958

FOR 1133 - Rev. 02  
Página 2 de 4

PRC 273.01

Rua Lindolfo Garcia Adjuto, nº 1.000 - Bairro: Alto do Córrego - Paracatu - MG - CEP: 38.600-000 - Tel.: +55 (38) 3671-1164

# Certificado de Análise de Solo



www.campo.com.br

**CENTRO DE TECNOLOGIA  
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

CERTIFICADO DE ANÁLISE N°: 13366/18 REV: 00

Nome: Suzi Huff Theodoro

Propriedade: Não Informado

Endereço: Shin Q. 04 Conj. 08 Casa 13 - Lago Norte

Endereço: -

Município Brasília - DF

Cep: 71510-280

Município: -

Cep:

Solicitante: Suzi Huff Theodoro

Entrada: 13/04/2018

Emissão do Laudo: 23/04/2018

Identificações		Amostras				
Número Interno		13371/18	13372/18	13373/18	13374/18	13375/18
Identificação da Amostra		GR3-4	NPK1-2	NPK3-4	NPK+GA1-2	NPK+GA3-4
Macronutrientes						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
pH em água	-	5,2	5,1	5,1	5,1	4,9
pH em CaCl2	-	4,8	4,3	4,4	4,5	4,6
M.O.	daq/Kg	2,1	2,0	2,2	2,1	2,3
C Org	%	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3
P	mg/dm <sup>3</sup>	6,0	10,5	18,0	16,4	29,0
K	mg/dm <sup>3</sup>	180,5	187,0	198,0	184,0	167,0
S	mg/dm <sup>3</sup>	74,1	12,8	9,1	20,2	117,9
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	5,4	2,0	1,9	2,7	5,2
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,6	0,8	0,8	0,5	0,7
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,2	0,8	0,6	0,3	0,3
H+Al	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	4,8	5,9	6,6	5,3	5,4
CTC	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	11,3	9,2	9,8	9,0	11,7
V	%	57	36	33	41	54
m	%	3	20	16	8	5
Relações						
Ca/Mg	-	9,0	2,5	2,4	5,4	7,4
Ca/K	-	11,7	4,2	3,8	5,7	12,2
Mg/K	-	1,3	1,7	1,6	1,1	1,6
Saturação do Complexo de Troca						
K	%	4	5	5	5	4
Ca	%	48	22	19	30	44
Mg	%	5	9	8	6	6
Na	%	0	0	0	0	0
H+Al	%	43	64	68	59	46
Micronutrientes						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
B	mg/dm <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6
Zn	mg/dm <sup>3</sup>	0,7	3,0	7,4	8,5	7,3
Fe	mg/dm <sup>3</sup>	93,0	121,6	86,1	84,5	90,9
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	30,9	36,1	40,3	48,5	47,2
Cu	mg/dm <sup>3</sup>	1,0	1,5	1,7	1,6	1,8

As análises de solos são realizadas conforme Manual de Análises Químicas do solo, Plantas e Fertilizante - 2ª edição revista e ampliada. EMBRAPA, Brasília - DF, Brasil, 2009.

A amostragem, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As amostras analisadas permanecem em nossos arquivos por 30 dias. Este certificado refere-se exclusivamente à(s) amostra(s) analisada(s). A reprodução deste certificado de análise somente pode ser realizada por completo, a reprodução parcial somente é possível com aprovação formal da CAMPO.

A incerteza dos resultados, a data e hora de realização dos ensaios são conhecidos e podem ser solicitadas a CAMPO. SAC: [sac@campoanalises.com.br](mailto:sac@campoanalises.com.br)

CTC a pH 7,00 | Al<sup>3+</sup>: Acidez Trocável | V%: Sat. Bases | m%: Sat. Alumínio | Na+: trocável



ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005

PRC 273.01

*Geraldo Lima*  
Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima  
Responsável Técnico  
CREA - 34.958

FOR 1133 - Rev. 02

Página 3 de 4

## Certificado de Análise de Solo



www.campo.com.br

**CENTRO DE TECNOLOGIA  
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº: 13366/18 REV: 00

**Nome:** Suzi Huff Theodoro

**Propriedade:** Não Informado

**Endereço:** Shin Q. 04 Conj. 08 Casa 13 - Lago Norte

**Endereço:** -

**Município:** Brasília - DF

**Cep:** 71510-280

**Município:** -

**Cep:**

**Solicitante:** Suzi Huff Theodoro

**Entrada:** 13/04/2018

**Emissão do Laudo:** 23/04/2018

Identificações		Amostras				
Número Interno		13376/18	13377/18	13378/18	13379/18	13380/18
Identificação da Amostra		NPK+GR1-2	NPK+GR3-4	R1-2	R3-4	R+GA1-2
Macronutrientes						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
pH em água	-	4,9	4,8	5,6	5,2	4,9
pH em CaCl2	-	4,6	4,5	4,8	4,5	4,5
M.O.	daq/Kg	1,9	2,0	2,6	2,4	2,1
C Org	%	1,1	1,2	1,5	1,4	1,2
P	mg/dm <sup>3</sup>	58,0	16,0	5,3	14,2	9,8
K	mg/dm <sup>3</sup>	184,0	156,0	189,0	178,0	156,0
S	mg/dm <sup>3</sup>	90,9	82,4	13,4	11,2	143,5
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	5,6	3,8	3,3	2,4	4,6
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,5	0,5	1,3	0,9	0,5
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,3	0,6	0,1	0,5	0,3
H+Al	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	5,6	5,5	5,2	5,1	5,4
CTC	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	12,2	10,2	10,3	8,9	10,9
V	%	54	46	49	42	50
m	%	4	11	2	12	5
Relações						
Ca/Mg	-	11,2	7,6	2,5	2,7	9,2
Ca/K	-	11,9	9,5	6,8	5,3	11,5
Mg/K	-	1,1	1,3	2,7	2,0	1,3
Saturação do Complexo de Troca						
K	%	4	4	5	5	4
Ca	%	46	37	32	27	42
Mg	%	4	5	13	10	5
Na	%	0	0	0	0	0
H+Al	%	46	54	50	58	49
Micronutrientes						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
B	mg/dm <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4
Zn	mg/dm <sup>3</sup>	31,0	7,4	1,1	1,6	1,4
Fe	mg/dm <sup>3</sup>	98,7	85,1	99,1	124,1	94,0
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	53,3	33,4	58,7	52,8	34,6
Cu	mg/dm <sup>3</sup>	2,5	1,7	1,2	1,7	1,3

As análises de solos são realizadas conforme Manual de Análises Químicas do solo, Plantas e Fertilizante - 2ª edição revista e ampliada. EMBRAPA, Brasília - DF, Brasil, 2009.

A amostragem, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As amostras analisadas permanecem em nossos arquivos por 30 dias. Este certificado refere-se exclusivamente à(s) amostra(s) analisada(s). A reprodução deste certificado de análise somente pode ser realizada por completo, a reprodução parcial somente é possível com aprovação formal da CAMPO.

A incerteza dos resultados, a data e a hora de realização dos ensaios são conhecidos e podem ser solicitadas a CAMPO. SAC: [sac@campoanalises.com.br](mailto:sac@campoanalises.com.br)

CTC a pH 7,00 | Al<sup>3+</sup>: Acidez Trocável | V%: Sat. Bases | m%: Sat. Alumínio | Na\*: trocável



*Geraldo Jânio Lima*  
Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima  
Responsável Técnico  
CREA - 34.958

PRC 273.01

FOR 1133 - Rev. 02  
Página 4 de 4

## Certificado de Análise de Solo



www.campo.com.br

**CENTRO DE TECNOLOGIA  
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

CERTIFICADO DE ANÁLISE N°: 13366/18 REV: 00

**Nome:** Suzi Huff Theodoro

**Propriedade:** Não Informado

**Endereço:** Shin Q. 04 Conj. 08 Casa 13 - Lago Norte

**Endereço:** -

**Município:** Brasília - DF

**Cep:** 71510-280

**Município:** -

**Cep:**

**Solicitante:** Suzi Huff Theodoro

**Entrada:** 13/04/2018

**Emissão do Laudo:** 23/04/2018

Identificações		Amostras				
Número Interno		13381/18	13382/18	13383/18	13384/18	
Identificação da Amostra		R+GA3-4	R+GR1-2	R+GR3-4	T	
Macronutrientes						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
pH em água	-	5,4	5,1	5,3	5,5	
pH em CaCl2	-	5,0	4,6	4,9	4,8	
M.O.	daq/Kg	2,3	1,6	2,2	2,1	
C Org	%	1,3	0,9	1,3	1,2	
P	mg/dm <sup>3</sup>	21,5	5,0	13,9	6,3	
K	mg/dm <sup>3</sup>	184,0	157,0	184,0	181,0	
S	mg/dm <sup>3</sup>	241,4	137,0	157,3	18,3	
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	6,5	5,0	5,5	2,6	
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,6	0,6	0,6	1,5	
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	<0,1	0,3	0,1	0,2	
H+Al	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	4,7	5,0	4,5	4,6	
CTC	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	12,3	11,0	11,1	9,2	
V	%	62	55	59	50	
m	%	0	5	1	4	
Relações						
Ca/Mg	-	10,8	8,3	9,2	1,7	
Ca/K	-	13,8	12,5	11,7	5,6	
Mg/K	-	1,3	1,5	1,3	3,2	
Saturação do Complexo de Troca						
K	%	4	4	4	5	
Ca	%	53	45	50	28	
Mg	%	5	5	5	16	
Na	%	0	0	0	0	
H+Al	%	38	46	41	51	
Micronutrientes						
Parâmetros	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
B	mg/dm <sup>3</sup>	0,6	0,4	0,4	0,2	
Zn	mg/dm <sup>3</sup>	1,9	0,7	3,5	1,0	
Fe	mg/dm <sup>3</sup>	91,7	108,8	75,6	65,9	
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	49,8	37,6	42,2	31,0	
Cu	mg/dm <sup>3</sup>	1,6	1,2	1,4	2,2	

As análises de solos são realizadas conforme Manual de Análises Químicas do solo, Plantas e Fertilizante - 2ª edição revista e ampliada. EMBRAPA, Brasília - DF, Brasil, 2009.

A amostragem, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As amostras analisadas permanecem em nossos arquivos por 30 dias. Este certificado refere-se exclusivamente à(s) amostra(s) analisada(s). A reprodução deste certificado de análise somente pode ser realizada por completo, a reprodução parcial somente é possível com aprovação formal da CAMPO.

A incerteza dos resultados, a data e hora de realização dos ensaios são conhecidos e podem ser solicitadas a CAMPO. SAC: [sac@campanalises.com.br](mailto:sac@campanalises.com.br)

CTC a pH 7,00 | Al<sup>3+</sup>: Acidez Trocável | V%: Sat. Bases | m%: Sat. Alumínio | Na+: trocável



*Zurledo Lima*  
Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima  
Responsável Técnico  
CREA - 34.958

PRC 273.01

FOR 1133 - Rev. 02  
Página 4 de 4

Rua Lindolfo Garcia Adjuto, nº 1.000 - Bairro: Alto do Córrego - Paracatu - MG - CEP: 38.600-000 - Tel.: +55 (38) 3671-1164

**APÊNDICE D – Tabela de distribuição do Qui-Quadrado  $\chi_n^2$**

Os valores tabelados correspondem aos pontos  $x$  tais que:  $P(\chi_n^2 \leq x)$

n	$P(\chi_n^2 \leq x)$											
	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	0,95	0,975	0,99
1	3,93E-05	0,000157	0,000982	0,003932	0,016	0,102	0,455	1,323	2,706	3,841	5,024	6,635
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	0,575	1,386	2,773	4,605	5,991	7,378	9,210
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	1,213	2,366	4,108	6,251	7,815	9,348	11,345
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	1,923	3,357	5,385	7,779	9,488	11,143	13,277
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	2,675	4,351	6,626	9,236	11,070	12,832	15,086
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	3,455	5,348	7,841	10,645	12,592	14,449	16,812
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	4,255	6,346	9,037	12,017	14,067	16,013	18,475
8	1,344	1,647	2,180	2,733	3,490	5,071	7,344	10,219	13,362	15,507	17,535	20,090
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	5,899	8,343	11,389	14,684	16,919	19,023	21,666
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	6,737	9,342	12,549	15,987	18,307	20,483	23,209
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	7,584	10,341	13,701	17,275	19,675	21,920	24,725
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	8,438	11,340	14,845	18,549	21,026	23,337	26,217
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,041	9,299	12,340	15,984	19,812	22,362	24,736	27,688
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	10,165	13,339	17,117	21,064	23,685	26,119	29,141
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	11,037	14,339	18,245	22,307	24,996	27,488	30,578
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	11,912	15,338	19,369	23,542	26,296	28,845	32,000
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	12,792	16,338	20,489	24,769	27,587	30,191	33,409
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	13,675	17,338	21,605	25,989	28,869	31,526	34,805
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	14,562	18,338	22,718	27,204	30,144	32,852	36,191
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	15,452	19,337	23,828	28,412	31,410	34,170	37,566
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	16,344	20,337	24,935	29,615	32,671	35,479	38,932
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	17,240	21,337	26,039	30,813	33,924	36,781	40,289
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	18,137	22,337	27,141	32,007	35,172	38,076	41,638
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	19,037	23,337	28,241	33,196	36,415	39,364	42,980
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	19,939	24,337	29,339	34,382	37,652	40,646	44,314
26	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	20,843	25,336	30,435	35,563	38,885	41,923	45,642
27	11,808	12,878	14,573	16,151	18,114	21,749	26,336	31,528	36,741	40,113	43,195	46,963
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	22,657	27,336	32,620	37,916	41,337	44,461	48,278
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	23,567	28,336	33,711	39,087	42,557	45,722	49,588
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	24,478	29,336	34,800	40,256	43,773	46,979	50,892
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	33,660	39,335	45,616	51,805	55,758	59,342	63,691
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	42,942	49,335	56,334	63,167	67,505	71,420	76,154
60	35,534	37,485	40,482	43,188	46,459	52,294	59,335	66,981	74,397	79,082	83,298	88,379
70	43,275	45,442	48,758	51,739	55,329	61,698	69,334	77,577	85,527	90,531	95,023	100,425
80	51,172	53,540	57,153	60,391	64,278	71,145	79,334	88,130	96,578	101,879	106,629	112,329
90	59,196	61,754	65,647	69,126	73,291	80,625	89,334	98,650	107,565	113,145	118,136	124,116
100	67,328	70,065	74,222	77,929	82,358	90,133	99,334	109,141	118,498	124,342	129,561	135,807