



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
CURSO DE AGRONOMIA**

**GIOVANI EDUARDO MEINERZ**

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA  
CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

**CERRO LARGO – RS  
2019**

**GIOVANI EDUARDO MEINERZ**

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA  
CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de curso, apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

**CERRO LARGO – RS**

**2019**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Meinerz, Giovani Eduardo  
Potencial de utilização de resíduos de construção  
civil na correção da acidez do solo / Giovani Eduardo  
Meinerz. -- 2019.  
37 f.:il.

Orientador: Doutor Renan Costa Beber Vieira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia, Cerro Largo, RS , 2019.

1. PH. 2. Mineralização. 3. Corretivos de acidez. 4.  
Reciclagem. I. Vieira, Renan Costa Beber, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

GIOVANI EDUARDO MEINERZ

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA  
CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de curso, apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

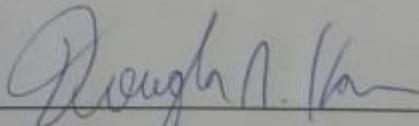
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

04/12/2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser



Prof. Dr. Evandro Pedro Schneider

## **AGRADECIMENTOS**

A família e amigos, principalmente aos meus pais João Carlos e Marlene, a minha companheira Tatiane e nosso amado filho Pedro Henrique, pela paciência e companheirismo durante o período de formação.

A todos os professores e servidores, em especial ao orientador Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira, que não mediram esforços para concluir nossa formação, sempre estando disponíveis e passando os conhecimentos da melhor maneira possível.

A empresa Mattiazzi Construções, pelo fornecimento do material utilizado no experimento.

Muito obrigado a todos!

## RESUMO

A inadequada disposição de resíduos de construção civil representa um grande problema socioeconômico e ambiental, devido ao descaso de órgãos governamentais e a negligência da maior parte da sociedade. Buscando novas formas de utilização dos resíduos, objetivou-se verificar o potencial de utilização de resíduos de construção civil (Classe A) na agricultura. O estudo foi realizado no laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* de Cerro Largo no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Nove amostras de diferentes leiras de resíduos foram coletadas junto a empresa Mattiazzi Construções de Santa Rosa – Rio Grande do Sul. O poder de neutralização e a reatividade foram avaliados, compondo o poder relativo de neutralização total (PRNT). Os três resíduos com maior PRNT foram incubados com 300 g de solo por 70 dias, em um experimento fatorial 3x4 com delineamento inteiramente casualizado, buscando corrigir o pH de um solo (5,2) para 5,5, 6,0 e 6,5. Os resíduos apresentaram valores de reatividade adequados (68,7 a 81,6%), porém, poder de neutralização baixos (9,9% a 17,5%). Com isto, os valores de PRNT foram baixos (6,8 a 14,1%) não alcançando o mínimo de 45% exigido pela legislação para que o material possa ser considerado um corretivo de acidez. No experimento de incubação, os três resíduos testados (PRNT 14,1, 12,5 e 11,7%) apresentaram resposta linear semelhante com as doses calculadas para elevação do pH. Entretanto, os valores de pH do solo almejados de 5,5, 6,0 e 6,5 não foram atingidos após 70 dias de incubação, sendo observado os valores de 5,0, 5,2 e 5,4, respectivamente.

Palavras-chave. pH; mineralização; corretivos de acidez, reciclagem.

## ABSTRACT

Inadequate waste construction deposition represents a socio-economic and environmental problem due to the responsible bodies and society neglect. Looking for new ways to waste use, this study aimed to verify the agricultural potential use of construction waste (Class A). The study was conducted at the Soil Chemistry and Fertility Laboratory of the Federal University of Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo, Rio Grande do Sul State, Brazil. Nine samples from different waste strands were collected from the Mattiazzi Construções company from Santa Rosa - Rio Grande do Sul. Neutralizing power and reactivity rate were evaluated, estimating the effective calcium carbonate (ECC). Three waste with the highest ECC were incubated with 300 gr of soil for 70 days, in a 3x4 factorial design with a randomized design, seeking to rise up the pH of a soil (5.2) to 5.5, 6.0 and 6.5. The results of waste showed appropriate reactivity rate values (68.7 to 81.6%) but reactivity rate low (9.9% to 17.5%). As a result, ECC values were low (6.8 to 14.1%), not reaching the minimum of 45% required by law for material to be considered as lime. In the experiment incubation, the three waste tested (ECC 14.1, 12.5 and 11.7%) reported a similar linear response with doses calculated to increase pH. However, pH values of only 5.5, 6.0 and 6.5 were not reached after 70 days of incubation, with final values of 5.0, 5.2 and 5.4, respectively.

Keys words: pH; mineralization; acidity corrective, recycling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Reatividade (%) de 9 RCC's da empresa Mattiazzi construções de Santa Rosa – RS.....	25
Figura 2 - Poder de Neutralização (%) dos resíduos da empresa Mattiazzi Construções de Santa Rosa –.....	26
Figura 3 – Aspectos visuais do resíduo 2 (a), resíduo 9 (b) e resíduo 7 (c) da empresa Mattiazzi Construções, utilizado no experimento de incubação com solo..	27
Figura 4 - Influência de diferentes doses de resíduo de construção civil no pH H <sub>2</sub> O de Latossolo Vermelho no município de Cerro Largo – RS.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul

MAPA – Ministério da agricultura pecuária e abastecimento

Ca – Cálcio

Mg – Magnésio

RS – Rio Grande do Sul

PN – Potencial de neutralização

RE – Reatividade

PRNT – Poder relativo neutralização total

SP – São Paulo

Al – Alumínio

H – Hidrogênio

SMP - SHOEMAKER, McLEAN & PRATT, 1961

CaCO<sub>3</sub> – Carbonato de cálcio

MgCO<sub>3</sub> – Carbonato de magnésio

CO – Carbonato

OH – Hidroxila

CaO – Óxido de cálcio

SiO<sub>2</sub> – Óxido de silício

MgO – Óxido de Magnésio

HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - Bicarbonato

H<sub>2</sub>O – Água

kg – kilogramas

cm – centímetros

ha – hectares

pH – potencial de hidrogênio

RCC's – Resíduos construção civil

CTA – Capacidade de troca de anions

CTC – Capacidade de troca de cátions

MOS – Matéria orgânica do solo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO.....	11
<b>1.1.1 Objetivos Específicos:.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
2.3 CALAGEM DO SOLO E CORRETIVOS UTILIZADOS.....	14
<b>2.4.1 Calcário.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.2 Cal agrícola.....</b>	<b>15</b>
2.5 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15
2.6 COMPOSIÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	16
2.7 CIMENTO.....	16
2.9 DEFINIÇÃO E CONCEITO DE PRNT.....	18
2.10 BRITADORES.....	18
2.11 USO DE RCC'S NA AGRICULTURA.....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1 COLETA E PREPARO DOS RESÍDUOS.....	22
3.2 SOLO PARA INCUBAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	24
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
4.1 REATIVIDADE.....	25
4.2 PODER DE NEUTRALIZAÇÃO.....	26
4.3 POTENCIAL RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL.....	28
4.4 INCUBAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	29
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a população vem se conscientizando quanto a busca do descarte correto do lixo. Mas a grande maioria da população pensa que o lixo gerado diariamente é apenas o lixo doméstico, que é produzido dentro de casa, como sacos plásticos, papéis, latas, orgânicos, etc. Entretanto, durante qualquer construção ou reforma realizada, surgem componentes que não tem aproveitamento em obras, gerando um problema a ser resolvido (ANGULO, 2005).

Os resíduos oriundos de construções, quando dispostos incorretamente causam um problema ambiental, pois estes possuem potencial poluidor de solos e água, causando assoreamento de rios e lagos, além de problemas em relação as paisagens, deixando os locais onde são dispostos os resíduos menos atrativos (LASSO, 2013). Em cidades grandes esses resíduos podem chegar a ser mais de 50% do total de resíduos sólidos gerados, gerando assim um grande problema, visto que, a deposição inadequada desses resíduos pode favorecer a proliferação de agentes patogênicos, obstrução de drenagens, paisagens empobrecidas pela poluição entre outros (LASSO, 2013).

Grande parte dos resíduos que são gerados são depositados sobre aterros sanitários comuns, os mesmos que recebem os resíduos sólidos gerados diariamente nas cidades. Angulo (2005), propõe que essa não é uma boa técnica, pois satura rapidamente os aterros, sendo necessário assim abertura de novas áreas para a estocagem, gerando assim um ciclo contínuo.

A legislação vigente CONAMA nº 307 de 2002 estabelece que os resíduos de construção civil (RCC) não podem ser depositados sobre aterros de resíduos sólidos urbanos, encostas, corpos d'água, lotes vagos e áreas protegidas por leis, considerando também que os responsáveis pelo entulho gerado são os proprietários das obras, que devem proceder com a correta destinação dos resíduos.

Segundo a legislação do CONAMA nº 307 de 2002, os resíduos são classificados em 4 classes. A classe A corresponde a materiais que podem ser reciclados para a utilização como agregados. A classe B deve ser reciclada ou reutilizada, onde compreende a papéis, papelão, plásticos e madeira. A classe C deve são os resíduos que devem ser armazenados e encaminhados conforme

normas técnicas, onde nela são constituintes o gesso e isopor. A classe D tem a mesma especificação da classe C, constituem tintas, solventes e verniz, possuindo assim grande poder de contaminações. A classe que teria potencial de ser utilizada na agricultura seria a classe A, onde os constituintes têm como matéria-prima o calcário, comumente utilizado para neutralização do pH de solos ácidos.

A maioria dos resíduos gerados pela construção civil tem como destinação atual a construção de novos imóveis, podendo ser utilizadas na composição de novas argamassas que serão utilizadas novamente, gerando assim um produto de boa qualidade e com preço mais acessível aos construtores, mas sendo necessário ainda mais estudos para verificar a possibilidade de reutilização do material, visando onde é possível e como empregá-lo (CANEDO et al., 2011).

Devido a composição química do material gerado em obras, indaga-se que pode ser empregado na agricultura com potencial de melhoria da qualidade dos solos agrícolas, gerando mais opções para a reutilização desses resíduos que são problemas para a maioria das cidades do país. Os resíduos apresentam em sua composição teores variáveis de bases, sendo necessário estudos para provarem a eficiência dos mesmos na agricultura.

## 1.1 OBJETIVO

Avaliar o potencial de uso de resíduos de construção civil (RCC) na correção da acidez do solo.

### 1.1.1 Objetivos Específicos:

Verificar a Reatividade (RE) e o Poder de Neutralização (PN), gerando assim o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) entre diferentes resíduos;

Verificar a neutralização do pH (pH em água) em Latossolo Vermelho;

Verificar o efeito na correção do solo com a utilização de diferentes doses de resíduo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil possui grande importância em qualquer sociedade, sendo, sem essencial para o desenvolvimento das cidades. Devido ao aumento populacional e crescimento das cidades, a geração de resíduos sólidos cresceu exponencialmente no Brasil. A construção civil gera em algumas cidades a maior parte desses resíduos (KARPINSKI et al., 2009). Segundo a Abrelpe (2016), os resíduos de construções coletados no Brasil chegam a 600 gramas habitante<sup>-1</sup>, não sendo contabilizado nesse cálculo os resíduos que são descartados incorretamente, sendo as maiores taxas recolhidas no centro-oeste 882 gramas habitante<sup>-1</sup>, seguido do sudeste 741 gramas habitante<sup>-1</sup> e região Sul 568 gramas habitante<sup>-1</sup>. Os menores índices são encontrados nas regiões Nordeste 428 gramas habitante<sup>-1</sup> e região Norte 266 gramas habitante<sup>-1</sup>.

Ministério do Meio Ambiente (2005), salienta que as cidades com população acima de 200 mil habitantes são as em que os resíduos são gerados em maior quantidade por habitante, variando de 700 a 1200 gramas habitante<sup>-1</sup>. Já em cidades com menos de 200 mil habitantes, a produção média de resíduos dia por habitante varia entre 450 e 700 gramas habitante<sup>-1</sup>. Grande parte desses resíduos contabilizados no cálculo são apenas os que são recolhidos pelos municípios, sendo que esses são provenientes em grande parte de descarte inadequado em locais públicos (ABRALPE, 2016).

### 2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a resolução 307 do Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA), os resíduos de construção civil são:

provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos,

rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (CONAMA Nº 307, 2002, p. 1).

A partir deste conceito, o CONAMA nº 307, 2002, parte para uma classificação dos resíduos, que se enquadram em quatro classes, sendo a classe com potencial de ser utilizada na agricultura a classe A, que é descrita como:

**Classe A** - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados:

- 1) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- 2) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc) argamassa e concreto;
- 3) de processo de fabricação ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios entre outros) produzidas no canteiro de obras. (CONAMA Nº 307, 2002, p. 3).

Na classe B, temos como resíduos de construção civil (RCC'S) materiais que podem ser reciclados junto ao lixo doméstico, tais como: papéis, papelões, plásticos, metais, madeiras, entre outros. Na classe C podemos encontrar uma classe onde predomina os resíduos formados a partir do gesso. A classe D dos RCC's é a mais "complicada" ambientalmente das classes descritas. Nela encontramos resíduos provenientes de tintas, solventes, resinas, entre outros, onde o descarte inadequado pode trazer diversos problemas para o ambiente (CONAMA nº 307, 2002).

O CONAMA nº 307 (2002), ainda salienta que os resíduos devem ser separados conforme a classificação acima descrita, facilitando assim sua coleta e destinação correta. Os RCC's da classe A, quando devidamente reciclados, formam agregados que podem ser utilizados em: pavimentações (bases ou revestimentos), reforços de subleitos, revestimento primário de ruas não pavimentadas ou até mesmo em concretos que não tenham função estrutural (enchimentos, contrapisos, argamassas, etc).

Da classe A dos RCC's surge a ideia de uso dos resíduos que utilizam como base da fabricação cimento e cal, itens esses que são produzidos a partir de produtos utilizados na correção tradicional dos solos (calagem), que buscam a elevação do nível de pH do solo para que as plantas possam expressar o seu maior potencial produtivo.

### 2.3 CALAGEM DO SOLO E CORRETIVOS UTILIZADOS

De acordo com Branco (2014), os solos que predominam no Brasil são os latossolos, devido ao país estar em grande parte situado em região de clima tropical, onde as médias elevadas de pluviosidade, aliadas com temperaturas altas resultam em solos com pH baixo e baixa CTC, reduzindo assim a capacidade de produção de diversas culturas, o que pode ser revertido com a correção da acidez solo.

A calagem é uma técnica utilizada para aumentar a produtividade de áreas agrícolas e fornecer nutrientes ao solo (WIETHÖLDER, 2000). As principais substâncias utilizadas para a calagem do solo são carbonatos, óxidos e hidróxidos de Ca e Mg, sendo essas substâncias capazes de se ligar aos íons  $H^+$  presentes no solo, elevando assim o pH a faixa desejada, dependendo da cultura de interesse (WIETHÖLDER, 2000). A calagem visa a elevação do pH do solo, fazendo com que elementos essenciais para as plantas se tornem mais disponíveis, e elementos tóxicos as plantas ( $Al^{3+}$ ) se tornem indisponíveis. O cálculo para determinação da quantidade de corretivo a ser utilizada deve ser realizado com eficiência, pois o pH alto pode causar super calagem, que faz com que alguns nutrientes essenciais sejam absorvidos em menor quantidade pelas plantas (SILVA et al., 2005).

No Rio Grande do Sul, Wiethölder (2000), constata que durante a década de 1920 foi criada a primeira indústria de calcário no estado. Já no ano de 1964, iniciou na Universidade Federal do Rio Grande de Sul (UFRGS) o curso de mestrado em solos, aumentando assim as pesquisas sobre a correção da acidez do solo, essencial para a elevação da produção. Anteriormente a 1968, as dosagens necessárias de corretivos eram calculadas em função do teor de Alumínio (Al) trocável na solução do solo. A partir deste momento, migrou-se para o método de solução tamponada (SMP).

Segundo Raiveja (1979), a nomenclatura SMP é derivada dos autores da metodologia (SHOEMAKER, McLEAN & PRATT, 1961), onde a quantidade de corretivo utilizada é determinada em cima da solução tamponada SMP com pH 7,5 mais a adição de solo, resultando assim no índice SMP, que através de leituras em tabelas, resultará na quantidade necessária de corretivo para o pH de interesse.

### 2.4.1 Calcário

É o corretivo de uso mais utilizado no Brasil, se dividindo em calcário calcítico e dolomítico onde estes são formados por Carbonatos, sendo o calcítico Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) contendo menos de 5% de magnésio (Mg) e o dolomítico, de constituição carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), contendo em sua formulação mais de 12% de Mg (PRIMAVÈSI, 2004).

Quando aplicado no solo, o calcário libera cálcio  $\text{Ca}^{2+}$ , magnésio  $\text{Mg}^{2+}$  e carbonato  $\text{CO}_3^{2-}$ , e depois bicarbonato  $\text{HCO}_3^{2-}$ . Os carbonatos e bicarbonatos possibilitam a formação de hidroxilas  $\text{OH}^-$ , sendo essas responsáveis pela neutralização do  $\text{H}^+$  da solução do solo, formando como produto final a água  $\text{H}_2\text{O}$  (PRIMAVÈSI, 2004).

### 2.4.2 Cal agrícola

A cal virgem é obtida pela queima do calcário, formando assim os óxidos de cálcio (CaO) e magnésio (MgO). É considerada uma base forte, com liberação de bases rápida para a solução do solo. Da cal são liberados  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$  e calor. A cal hidratada é obtida através da hidratação industrial com água da cal virgem.

## 2.5 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

A composição dos entulhos varia significativamente de região para região, devido a diversos fatores. Karpinski (2009), enfatiza que, existem muitas técnicas e metodologias que podem ser utilizadas para a construção civil, formando assim combinações diferentes entre os elementos que fazem parte das construções. A composição dos elementos também varia muito dependendo da região, visto que boa parte das matérias-primas utilizadas são provenientes da mesma região de onde estão localizadas, diminuindo assim os custos. A autora também salienta, que durante as etapas de uma obra, mudam os constituintes, mas sempre tendo algum produto que é mais empregado.

Fernandez (2012), constata que a composição dos entulhos varia muito conforme a localidade de coleta do mesmo, tendo na maioria dos casos a argamassa como material mais encontrado. A cerâmica apresenta teor considerável na composição dos entulhos, e segundo à Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM), a composição total ou parcial das cerâmicas tradicionais vermelhas são as argilas, mas podendo levar caulinita na composição, em frações pequenas. Já em materiais refratários, que são empregados em locais com ação de calor, a composição básica é de caulinita, sendo bastante empregada na fabricação da massa, apresentando níveis maiores de participação.

Delongui et al., (2011) em seus estudos, constatou que o percentual de descarte correto dos entulhos é bastante baixo na cidade de Santa Maria - RS, mesmo tendo recicladoras funcionando na cidade. Do entulho recebido pela recicladora avaliada, 52,85% desses são da classe A, que tem possibilidade de ser utilizado na agricultura, sendo este o mesmo que é utilizada para a reciclagem gerando assim os agregados reciclados.

## 2.6 COMPOSIÇÃO DAS ARGAMASSAS

Considerando que as argamassas são resultados da ação de um produto aglomerante (cimento, cal virgem, cal hidratada) sobre um agregado (areia, filler, pó de pedra, brita), existem várias classificações para as argamassas, visto que cada uma tem função específica na obra, algumas necessitando mais liga (reboco), que é ideal a adição de cal virgem ou cal hidratada, juntamente com o cimento Portland para que adquira a consistência desejada. Outras necessitam maior resistência, como no caso de argamassas estruturais, que são obtidas utilizando massas mais fortes, com a diminuição da areia em relação a quantidade de cimento Portland utilizado, e a não adição da cal (ISAIA, 2011).

## 2.7 CIMENTO

Segundo Varela (2013), o cimento é:

“material ligante pulverulento de cor acinzentada, resultante da queima do calcário, argila e posterior adição de gesso. Distingue-se da cal hidratada por ter maior porcentagem de argila e pela pega dos seus produtos ocorrer mais rapidamente e proporcionar maior resistência a esforços mecânicos” (VARELA, 2013, p. 20).

O cimento comumente utilizado no Brasil é o Portland, O cimento é produzido com 75 a 80% de calcário e o restante de argila, sendo esses reduzidos a frações muito pequenas que entram contato com altas temperaturas (1450 °C) nos fornos rotativos. Durante a elevação da temperatura, ocorre a fusão de parte dos materiais, gerando assim o clínquer, com tamanhos de 2 a 20 mm, que posteriormente será moído e adicionado outros constituintes para virar então o conhecido e utilizado cimento (LIMA, 2011).

De acordo com Martins et al., (2007), os componentes do cimento Portland brasileiro variam dependendo da formulação desejada, mas no geral se caracterizam por conterem a seguinte formulação:

CaO: 58,0 a 66,0 %

SiO<sub>2</sub>: 19,0 a 25,0 %

AlO<sub>3</sub>: 3,0 a 9,0%

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 1,5 a 4,5%

MgO: 0,3 a 6,1%

SO<sub>3</sub>: 0,8 a 3,10%

Percebe-se com essa composição, que os teores de bases (CaO) são bastante elevados na composição do cimento, já o percentual de MgO é bem menor se comparado com o percentual do CaO. O CaO é o principal componente da cal virgem, sendo este material pouco utilizado na calagem de solos, possuindo uma alta taxa de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). Quando empregada na agricultura, na maioria das vezes é devido à velocidade da sua solubilidade, que segundo Campo & negócios (2015), chega a ser até cem vezes maior que a do calcário agrícola (CaCO<sub>3</sub> ou MgCO<sub>3</sub>), devido ao CaO ter liberação de bases fortes. O mesmo autor indaga que os resultados com aplicação de bases de CaO e MgO podem ser verificados mais rapidamente.

A adição de resíduos poderia se tornar um problema devido à presença de elementos tóxicos as plantas, como o óxido de ferro e o óxido de alumínio, sendo

que com a adição destes compostos as plantas poderiam ter um decréscimo de produção.

## 2.9 DEFINIÇÃO E CONCEITO DE PRNT

Segundo a Instrução Normativa SDA N° 35 de 4 de julho de 2006, capítulo I, o PRNT de um produto, é o: “[...]conteúdo de neutralizantes contidos em corretivo de acidez, expresso em equivalente de Carbonato de Cálcio puro (%  $\text{ECaCO}_3$ ), que reagirá com o solo no prazo de 3 (três) meses[...]. O PRNT leva em consideração o poder de neutralização (PN) e a reatividade das partículas (RE), sendo o PN o conteúdo de bases e o RE a reatividade das partículas das mesmas em um período de 3 meses após a adição do material ao solo.

A Instrução Normativa SDA N° 35 ainda coloca os valores mínimos que cada corretivo deve conter para ser aprovado pela legislação. Por exemplo, o calcário agrícola deve conter um PRNT mínimo de 45%, tendo um PN mínimo de 67%. MAPA SDA n° 35 (2006), instrui como norma as seguintes condições para que um material possa ser considerado um corretivo:

Os corretivos de acidez, alcalinidade e sodicidade terão a natureza física sólida, apresentando-se em pó, caracterizado como produto constituído de partículas que deverão passar 100% (cem por cento) em peneira de 2 (dois) milímetros (ABNT n° 10), no mínimo 70% (setenta por cento) em peneira de 0,84 (zero vírgula oitenta e quatro) milímetros (ABNT n° 20) e no mínimo 50% (cinquenta por cento) em peneira de 0,3 (zero vírgula três) milímetros (ABNT n° 50). (MAPA p. 2, 2006)

## 2.10 BRITADORES

Segundo Oliveira (2007), as plantas de reciclagem seguem sempre o mesmo formato, sendo necessário máquinas ou trabalhadores para a triagem, realizando assim a separação dos materiais que não interessam na reciclagem, tais como madeiras, plásticos e até mesmo ferragens utilizadas nas estruturas. Após a triagem, os materiais são moídos com diferentes tipos de britadores, variando assim também

as frações de materiais grosseiros ou miúdos, conforme estrutura do britador. Os britadores do tipo impacto possuem maior produtividade e maior cubicidade. Já os britadores do tipo mandíbula formam agregados com maior lamelaridade.

O fator de redução dos britadores analisados por Angulo (2000), tem grande variação, sendo que o mais eficiente para a britagem seria do tipo de impacto, onde resultaria em 10 partes de agregados miúdos para apenas 1 parte de agregados graúdos. Já em britadores do tipo mandíbula, o fator seria de 4:1, gerando assim muito mais agregados graúdos.

O processo de formação de agregados com menor granulometria torna o processo mais lento, devido ao maior trabalho exigido para o fracionamento das partículas. Conforme ANGULO (2000), a granulometria do material pode variar conforme a matéria-prima (resíduo) ou também devido a regulagem das máquinas utilizadas para a britagem dos materiais.

## 2.11 USO DE RCC'S NA AGRICULTURA

Os entulhos já são reaproveitados a bastante tempo no Brasil, tanto que existe resolução específica para a reciclagem dos mesmos (CONAMA 307). A reutilização dos materiais é praticamente exclusiva em novas construções civis. Partindo do pressuposto em que os entulhos contenham quantidades significativas de bases, capazes de teoricamente alcalinizar solos ácidos, busca-se constatar os resultados, verificando se na prática será possível a calagem por esse método inovador.

Lasso (2013), utilizou resíduos fornecidos por uma recicladora do município de São Carlos-São Paulo (resíduos de classe A), realizando a coleta de 5 amostras na empresa com intervalos de tempo de três meses de uma coleta a outra. O teor de  $\text{SiO}_2$ , se mostrou bem elevado nas amostras que foram coletadas, girando em torno de 80%. Por esse material ser inerte, o autor salienta que os resíduos apresentem limitações, devido a grande parte do material ser composto pelo  $\text{SiO}_2$ . Já o cálcio também se destacou com teores médios chegando a 8,5%, sendo esses 8% nas formas de óxidos ( $\text{CaO}$ ), que é proveniente do uso dos cimentos Portland e da cal. Outros nutrientes foram encontrados na amostra, como o manganês (0,06%), o fósforo (0,060%) e o magnésio (0,67%). A fração grosseira do entulho (0,5 a 2,0 mm)

obteve melhor rendimento que a fração fina ( $> 0,5$  mm). Verificou-se que a CTC média se elevou mais com a adição dos resíduos do que com a calagem.

No experimento com a cultura da alfafa (*Medicago sativa* cv. *Crioula*) foram necessárias doses superiores a 24 ton de resíduos  $ha^{-1}$  para que ocorra a neutralização do solo, aumento da CTC e saturação de bases. Vale ressaltar que o solo utilizado foi o Latossolo vermelho-amarelo distrófico, com pH de 4,6 e percentagem de saturação por bases (V) em 30% (LASSO, 2013).

Ramalho (2009) verificou em suas pesquisas a possibilidade do uso de entulhos e resíduos da indústria de cerâmica (chamote) buscando as seguintes informações: pH, teor de macro e micronutrientes e de elementos potencialmente tóxicos. Os resultados obtidos com a análise dos entulhos foram: pH 11,8; Cálcio  $48,4$   $g\ kg^{-1}$ , e contendo doses abaixo de  $2\ g\ kg^{-1}$  de: enxofre, fósforo, magnésio, manganês, sódio e potássio; também foi encontrado boro em concentrações abaixo de  $1\ mg\ kg^{-1}$ . Na amostra também foram detectados níveis baixos de: arsênio, cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, selênio, zinco, sendo muitos desses tóxicos as plantas.

Entretanto nas análises de chamote os nutrientes em geral tiveram um decréscimo da percentagem em relação aos entulhos, fazendo com que o pH da amostra também tenha caído, sendo o pH de 9,8. De outra forma, os metais pesados tiveram acréscimo das concentrações, alguns aumentando mais de duas vezes as concentrações (chumbo  $6,3\ mg\ kg^{-1}$  Cromo  $20,3\ mg\ kg^{-1}$ , e zinco  $20,6\ mg\ kg^{-1}$ ).

Como conclusão de sua pesquisa Ramalho (2009) constatou que houve incremento de pH do solo com o uso de chamote e entulhos, sendo o entulho mais eficiente, havendo sim a possibilidade de utilização dos resíduos na agricultura. Verificou também que com a incorporação dos dois tipos de resíduos a CTC do solo melhorou, aumentando os potenciais de fertilidade do solo e atributos químicos.

Machado (2016), em seus estudos avaliou a possibilidade de utilização de resíduos de construção civil como substrato para o cultivo de plantas. Em seus resultados laboratoriais, o mesmo constatou que os resíduos têm percentagem considerável de macro e micronutrientes, sendo que o único nutriente que não contém em sua composição é o nitrogênio. A quantidade de elementos tóxicos para as plantas ficou abaixo dos níveis indicados para que não ocorra danos as plantas, mas o autor indica a realização de testes ecotoxicológicos. Um dos resultados

negativos do estudo foi o baixo teor de CTA, CTC e retenção de água dos resíduos, sendo assim necessária a adição de matéria orgânica na composição dos substratos, para reduzir a lixiviação de nutrientes.

Os resultados de Machado (2016) salientam que os RCC's podem ser substitutos do solo natural para servirem como substratos para plantas, desde que sejam misturados com outros constituintes. O autor indica que são necessários cerca de 280 kg de resíduo em uma área de 1 metro quadrado por 20 centímetros de altura, o que seria facilmente suprido devido a grande quantidade de resíduos gerados nas cidades.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de agosto a novembro de 2019, no laboratório de Química e Fertilidade do Solo, localizado na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), cidade de Cerro Largo no Estado do Rio Grande do Sul, com latitude de 27°08' ao sul e longitude de 54°45' ao oeste e 258 metros de altitude.

#### 3.1 COLETA E PREPARO DOS RESÍDUOS

Os resíduos de construções foram coletados junto a empresa Mattiazzi Construções, localizada as margens da ERS 344 km 36,5. Foram coletadas 9 amostras de resíduos de diferentes leiras, contendo os principais componentes da construção civil como argamassa, reboco, tijolos, brita etc. salientando que os resíduos utilizados eram resíduos de classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados) segundo CONAMA Nº 307.

Após a coleta das amostras de resíduos, cada amostra obtida foi homogenizada, seca em estufa com temperatura de 105° C, até que manteve massa constante, e posteriormente, as amostras foram submetidas a teste de PRNT.

O PRNT dos resíduos foi realizado em duas etapas, sendo a primeira a reatividade (RE) que é expressa em porcentagem (%) e a segunda o Poder de neutralização (PN), também expresso em porcentagem (%).

Foram utilizadas 3 amostras de 50 gramas de cada resíduo para a realização da reatividade dos materiais, sendo cada amostra peneirada durante 5 minutos, com 250 rotações por minuto em mesa agitadora, em peneiras de: 2 mm, 0,84 mm, 0,30 mm e um fundo, para a coleta do material que passou por todas peneiras. Cada porção de material retido em sua determinada peneira foi pesada separadamente em balança analítica de precisão, onde foi possível realizar o cálculo de reatividade do material, levando em consideração os pesos obtidos do material retido em cada peneira após o peneiramento.

Em relação ao cálculo da reatividade (RE) foi realizado da seguinte forma: O material que ficou retido em peneira de 2 mm teve reatividade de 0%. O material que passou por peneira de 2 mm e ficou retido na peneira de 0,84 mm teve reatividade

de 20%. O material que passou por peneira de 0,84 mm e ficou retido em peneira de 0,3 mm possuiu reatividade de 60%, e o material que passou por todas as peneiras teve reatividade de 100%.

O poder de neutralização foi determinado de acordo com o método analítico oficial presente no Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes, 2011, onde: Pesou-se 1 grama de cada resíduo em 2 repetições, sendo transferido para erlenmeyer de 250 mL. Posteriormente foi adicionado 50 mL de solução de HCl 0,5 M e fervido durante 5 minutos em chapa aquecedora. Após a solução foi esfriada e transferida para balão de 100 mL, completou-se o volume com adição de água destilada. Posteriormente realizou-se a decantação do material. Pipetou-se 50 mL e transferiu-se para erlenmeyer de 125 mL. Foram acrescentadas 3 gotas de fenolftaleína e titulou-se o excesso de ácido com solução de NaOH 0,25 M, até o ponto de viragem do líquido com coloração rosácea. Anotou-se o volume de NaOH gasto. Com os volumes em mãos, foi possível realizar o cálculo de PN através da equação:

$PN = 10(25M_1 - V_2 \times M_2)$  onde:

$M_1$  = molaridade da solução HCl.

$V_2$  = volume (mL) da solução de NaOH gasto na titulação.

$M_2$  = molaridade da solução de NaOH.

G = peso inicial (g) da amostra

O PRNT das amostras de resíduos moídos foi determinado pela seguinte equação:  $PRNT (\%) = (PN \times RE) / 100$ , onde: PN - poder de neutralização e RE - reatividade. Dentro do resultado do PRNT obtidos nas 9 amostras de resíduos examinadas, as 3 amostras com maior PRNT foram submetidas a experimento com solo.

### 3.2 SOLO PARA INCUBAÇÃO DO EXPERIMENTO

Coletou-se aproximadamente 15 kg de solo da camada 0-20 de LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2006), unidade de mapeamento Santo Ângelo, de lavoura em pousio na área da UFFS em Cerro Largo – RS. O solo coletado foi homogenizado, seco ao ar livre e destorroado. Posteriormente o solo foi submetido a teste de pH em H<sub>2</sub>O e índice SMP, através de metodologia indicada no Manual de

Adubação e Calagem de 2016. O solo seco homogêneo foi dividido em 36 subamostras com 300 gramas cada, onde cada subamostra foi disposta em 1 de saco plástico de 500 gramas.

### 3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições em experimento fatorial 3x4. Foram utilizados os 3 resíduos com maior PRNT, cada um contendo 4 dosagens diferentes de resíduos, sendo: Resíduo necessário para 1 SMP pH 5,5, resíduo necessário para 1 SMP pH 6,0, resíduo necessário para 1 SMP pH 6,5 e a testemunha onde não foi adicionado resíduo.

Após a adição da quantidade de resíduo necessário para a elevação do pH ao pH referência as amostras foram incubadas durante 70 dias, mantendo a umidade do solo próxima a 70% da capacidade de vaso (BOM-FIM SILVA et al., 2011).

No final do período de realização do experimento, o solo foi novamente homogenizado, seco ao ar livre e em seguida foi realizado a análise do pH em H<sub>2</sub>O do material, verificando a ocorrência de mudanças ao final do experimento.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores resultantes do experimento foram submetidos ao software SISVAR, gerando a análise de variância (ANOVA) e como não houve interação entre tratamentos e doses de resíduos gerou-se o teste de médias para tratamentos e a análise de regressão para doses de resíduo, com nível de significância de 5%.

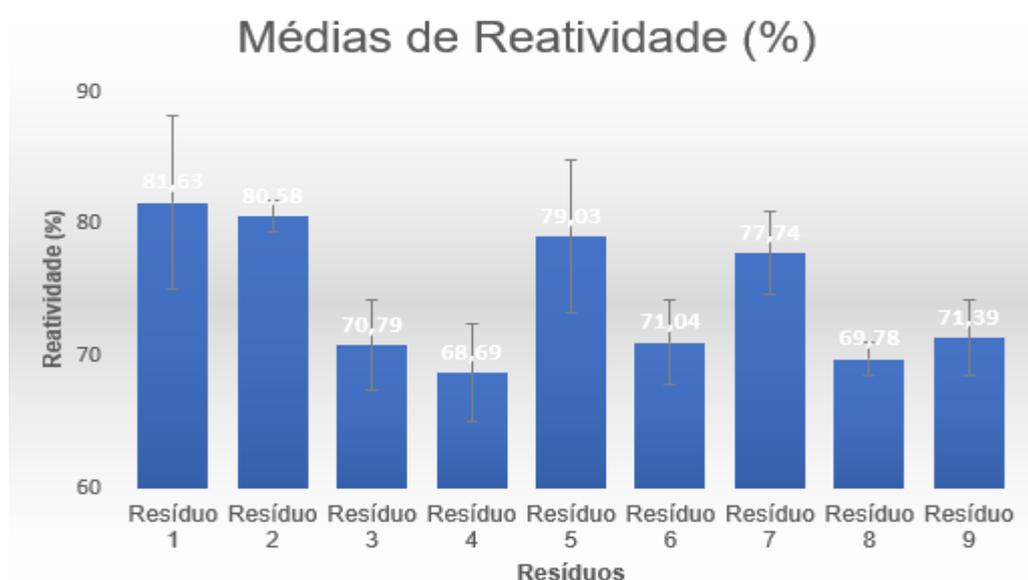
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 REATIVIDADE

A reatividade dos resíduos se manteve com média de 74,5% (Figura 1), variando entre 68,7 e 81,6. Esta variabilidade entre as reatividades dos resíduos não era esperada, pois os resíduos têm origem da mesma empresa com os mesmos processos de fragmentação.

Dentre os 3 resíduos utilizados para a realização do experimento o que continha a maior reatividade foi o resíduo 2, com 80,6% de RE, estando em segundo lugar dentre todos os resíduos analisados. O resíduo 9 que foi o tratamento 2 encontra-se em 5º lugar, com 71,4% de RE. Já o resíduo de número 7 (tratamento 3) encontrou-se em 4º lugar com 77,7% de RE, ficando assim o tratamento 2 abaixo da média de todos os resíduos (74,5% de RE). O resíduo 1 possui a maior RE dentre todos os resíduos analisados, mas devido ao seu baixo teor de PN (12,4%) o mesmo se manteve com PRNT abaixo de outros 5 resíduos.

Figura 1 - Reatividade (%) de 9 RCC's da empresa Mattiazzi construções de Santa Rosa – RS.



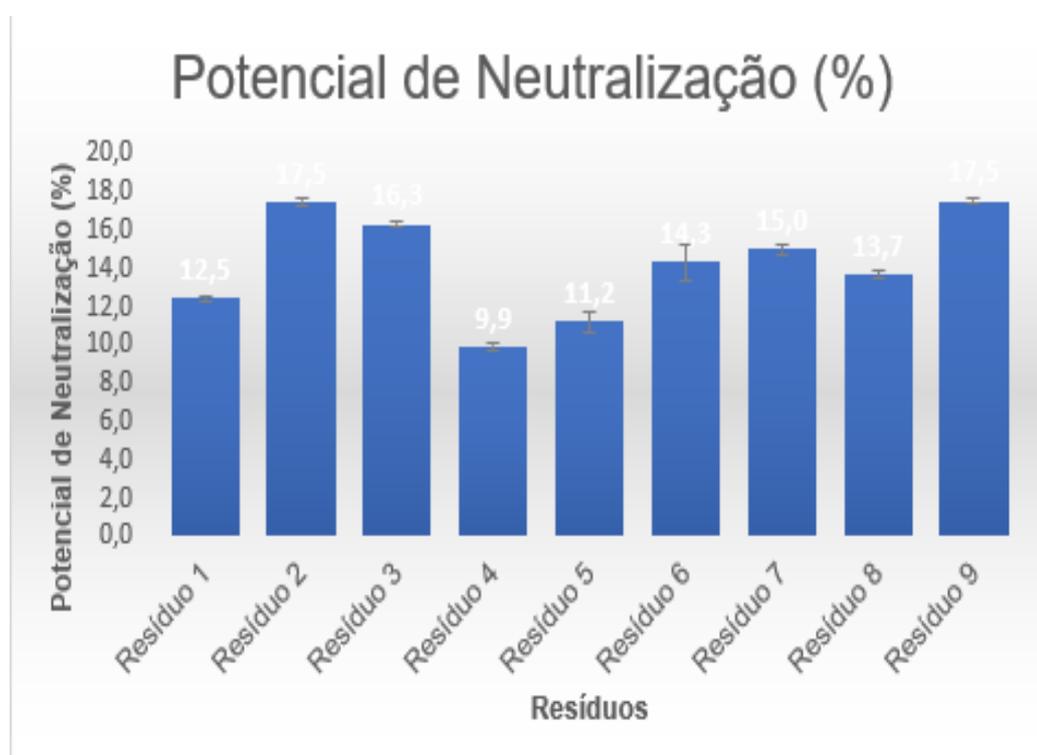
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 PODER DE NEUTRALIZAÇÃO

Conforme figura 2 a média de PN dos resíduos ficou em 14,2%, ficando assim bem abaixo da requerida pela normativa para que o material possa ser classificado como corretivo de solo. Segundo a Instrução Normativa SDA N° 35 de 4 de julho de 2006, o teor mínimo de PN de um corretivo de solo deve ser de 67%. Sendo assim o material não pode ser classificado como corretivo de solo devido a baixa concentração de óxidos nos resíduos.

Os resíduos que obtiveram maior PN foram os resíduos 2, 3, 9 e 7, onde provavelmente tenham maiores teores de aglomerantes (cimento e cal) na sua composição. Já os resíduos que obtiveram os menores teores de PN foram os resíduos 6, 8, 1, 5 e 4, o que já era esperado devido ao menor teor de agentes aglomerantes em sua composição.

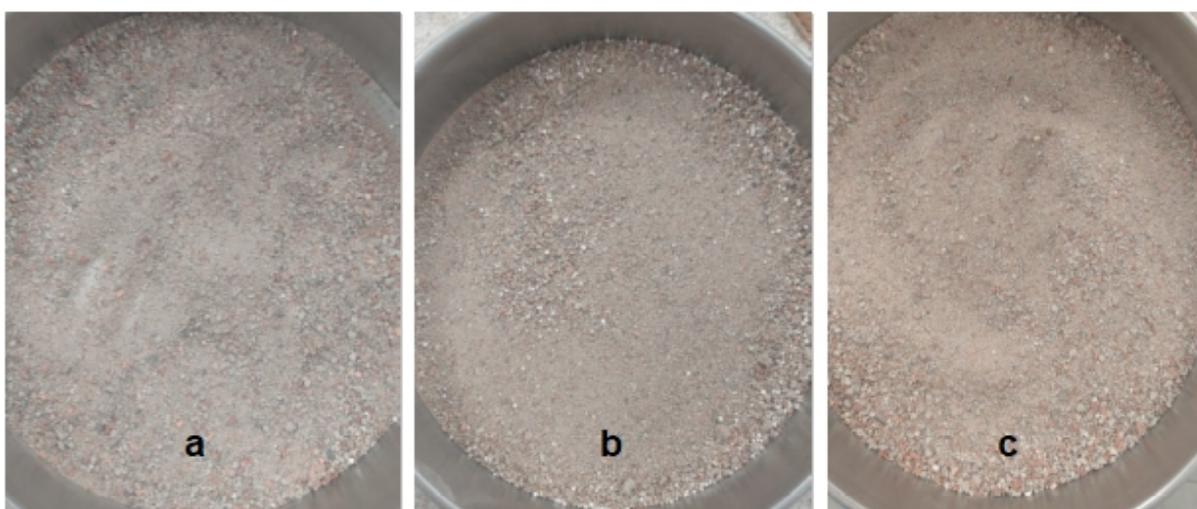
Figura 2 - Poder de Neutralização (%) dos resíduos da empresa Mattiazzi Construções de Santa Rosa – RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resíduo 2 (tratamento 1) foi o resíduo que apresentou coloração mais acinzentada dentre todos os tratamentos, possuindo em sua composição teores maiores de concretos e argamassas conforme figura 3a, no qual também foi encontrada a maior média de PN (17,5 %) dentre todas as amostras analisadas. A composição do resíduo influencia diretamente em seu PN, devido a maior quantidade de cimento e cal utilizados no traço das massas.

Figura 3 – Aspectos visuais do resíduo 2 (a), resíduo 9 (b) e resíduo 7 (c) da empresa Mattiazzi Construções, utilizado no experimento de incubação com solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resíduo 9 (tratamento 2) apresentou coloração acinzentada (figura 3b), com predominância de materiais estruturais e argamassas. Juntamente com o resíduo 2, o resíduo 9 obteve PN de 17,5.

Dentre os 3 resíduos utilizados no experimento, o resíduo 7 (tratamento 3) coloração mais avermelhada (figura 3c), mas, mesmo assim, contendo como cor predominante a cor cinza. Possivelmente o resíduo 7 era proveniente de demolição e sendo formado em grande parte por paredes, onde a composição básica é argamassa (reboco) e tijolos.

Verificou-se que o PN obteve grande variação dentre as 9 amostras de resíduos que foram utilizadas, seguindo sempre a linha de que os resíduos de coloração mais acinzentada obtiveram o PN mais elevado. O resíduo 4 que obteve PN de 9,9% era o resíduo com coloração mais avermelhada, onde predominavam

materiais argilosos, tendo correlação da coloração com o valor de PN, quanto mais acinzentada maior PN.

#### 4.3 POTENCIAL RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL

Outro ponto onde os resíduos de construção civil não se enquadrariam como corretivos de acidez seriam os baixos teores de PRNT, devido a baixa percentagem que se apresentou o PN das amostras. Como já citado acima, a Instrução Normativa SDA Nº 35 de 4 de julho de 2006, estabelece o PRNT mínimo de 45% para que o material seja considerado como corretivo de acidez, mas durante as análises realizadas foi constatado que a média de todos os 9 resíduos analisados se manteve em apenas 10,6% de PRNT, conforme tabela 1.

Os resíduos que obtiveram maior PRNT foram respectivamente: Resíduo 2 com PRNT de 14,1%, resíduo 9 com PRNT de 12,5% e resíduo 7 com PRNT de 11,7%. Os demais resíduos obtiveram valores menores de PRNT em sua composição, dando ideia da grande variação de materiais e matéria-prima utilizados na construção civil.

Tabela 1 – Potencial relativo de neutralização total das amostras de resíduo obtidas na empresa Mattiazzi Construções de Santa Rosa – RS.

Resíduos	PRNT (%)
Resíduo 1	10,2
Resíduo 2	14,1
Resíduo 3	11,6
Resíduo 4	6,8
Resíduo 5	8,9
Resíduo 6	10,2
Resíduo 7	11,7
Resíduo 8	9,6
Resíduo 9	12,5
Média	10,62

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4 INCUBAÇÃO DAS AMOSTRAS

O índice SMP realizado no solo seco indicou que o pH H<sub>2</sub>O do solo estava em 5,27 e com índice SMP de 6,3, necessitando assim de: 0,8 toneladas ha<sup>-1</sup> para pH 5,5, 1,8 toneladas ha<sup>-1</sup> para pH 6 e 3,1 toneladas ha<sup>-1</sup> para pH 6,5. Essa quantidade seria necessária para elevação do pH em uma faixa de 20 cm de solo e o corretivo deveria ter PRNT de 100%.

Com as análises de PRNT em mãos, foi possível verificar quais tratamentos tiveram maiores médias, sendo posteriormente submetidos a incubação em solo. Os resíduos utilizados e as doses utilizadas por unidade experimental estão descritos na tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de resíduos (g) aplicados por unidade experimental.

Amostra	pH desejado			Testemunha
	5,5	6,0	6,5	
Resíduo 2	0,7088	1,5949	2,7467	0
Resíduo 9	0,7988	1,7973	3,0954	0
Resíduo 7	0,8564	1,9268	3,3184	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

No tratamento 1 utilizou-se o resíduo 2, que teve 14,11% de PRNT. As dosagens de resíduo Ha<sup>-1</sup> utilizadas foram de: 5,7 toneladas de resíduo para pH 5,5, 12,8 toneladas para pH 6 e 22 toneladas para pH 6,5.

No tratamento 2 utilizou-se o segundo resíduo com maior PRNT, que foi o resíduo 9, tendo PRNT de 12,51%. As dosagens de resíduo Ha<sup>-1</sup> utilizadas equivaleram a: 6,4 toneladas de resíduo para pH 5,5, 14,4 toneladas para pH 6 e 24,8 toneladas para pH 6,5.

No tratamento 3 utilizou-se o terceiro resíduo com maior PRNT, que foi o resíduo 7, tendo 11,67 % de PRNT. As dosagens de resíduo Ha<sup>-1</sup> utilizadas foram de: 6,9 toneladas de resíduo para pH 5,5, 15,4 toneladas para pH 6 e 26,6 toneladas para pH 6,5.

#### 4.4 PH RESULTANTE DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS

Devido à quantidade de resíduos necessários para a elevação do pH do solo, fica inviável financeiramente utilizar essa técnica, visto que no experimento com solo de índice SMP de 6,3 necessitou-se uma média de 14,2 toneladas de resíduos  $\text{Ha}^{-1}$  para a elevação do pH do solo a 6, se tornando assim um custo elevado principalmente no quesito logístico e de aplicação do produto na lavoura. A adição desses compostos pode trazer benefícios as lavouras, como o aumento de CTC, saturação de bases, incremento de cálcio, magnésio e outros micronutrientes.

O pH em  $\text{H}_2\text{O}$  do solo utilizado anteriormente ao experimento era de 5,27. Com a adição dos tratamentos ao solo observou-se no final do experimento que o tratamento testemunha teve decréscimo significativo no pH, onde o mesmo caiu para 4,87, decrescendo assim 0,40 pontos. Segundo McLEAN et al., 1966; RAIJ et al., 1979, apud ALMEIDA;ERNANI 1996, p. 82 o decréscimo de pH em amostras incubadas é normal, devido a mineralização da matéria orgânica que é favorecida pela maior taxa de oxigenação e maior temperatura do solo, aumentando a concentração de sais na solução do solo. No experimento de Almeida;Ernani, (1996) também foi constatado a ocorrência do decréscimo do pH ao longo da incubação do experimento, onde o pH foi 0,36 pontos menor que no início da incubação, sendo que o período de incubação dos autores foi de 5 meses.

A taxa de decomposição da MOS varia conforme vários fatores como: A umidade elevada do solo, e baixa acidez diminuem consideravelmente a taxa de decomposição, por outro lado, pH mais neutros, bem arejados e bem drenados favorecem a decomposição da MOS, liberando assim  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  e posteriores substâncias que formarão compostos húmicos no solo (CUNHA et al., 2015).

No experimento o solo saiu de uma realidade compactada a campo (menos  $\text{O}_2$ ) e pH pouco ácido, para o laboratório, onde se manteve umidade constante, e tentativa de elevação do pH, fazendo assim com que as bactérias se tornem mais ativas. Uma das reações que pode ter ocasionado a diminuição do pH é a transformação de amônia ( $\text{NH}_3$ ) em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), por bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus* através da reação proposta por CARDOSO; SYLVIA et al., (1992; 1998 apud GIRACCA, 2005), onde o autor salienta que a cada duas moléculas de  $\text{NH}_3$  transformadas geram-se 2 íons  $\text{H}^+$ .

Durante a mineralização dos resíduos orgânicos, os íons  $H^+$  gerados reagem com a hidroxila  $OH^-$  que é liberada durante o contrabalanceamento do bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) com a molécula de  $H_2O$  onde é gerada o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ). Como no experimento incubado não teve a introdução de nenhuma planta, o íon  $H^+$  liberado pela mineralização ficou disponível na solução do solo, diminuindo assim o pH do solo durante o período de incubação. Ao mesmo tempo em que os RCC's aumentavam o pH do solo, a liberação de  $H^+$  devido a mineralização da matéria orgânica também era realizada ficando assim difícil de saber qual o valor real em que o pH foi elevado após a adição de RCC's.

O maior pH  $H_2O$  encontrado no fator A foi o pH do tratamento 3 (resíduo 7), que diferiu significativamente dos outros resíduos, possuindo média de pH de 5,17, conforme tabela 3. O tratamento 2 (resíduo 9) obteve as menores médias de pH  $H_2O$  (5,05), diferindo significativamente dos demais tratamentos e o tratamento 1 (resíduo 2) se manteve como tratamento intermediário, com médias de pH  $H_2O$  de 5,11, diferindo significativamente dos demais tratamentos, tendo coeficiente de variação de 0,85%.

Tabela 3 – Média de pH  $H_2O$  dos tratamentos 70 dias após a aplicação dos resíduos.

Tratamentos	Médias
Resíduo 7	5,17 a*
Resíduo 2	5,11 b
Resíduo 9	5,05 c
C.V. %	0,85%

\* Níveis do Fator A com médias não seguidas por mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

C.V.: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

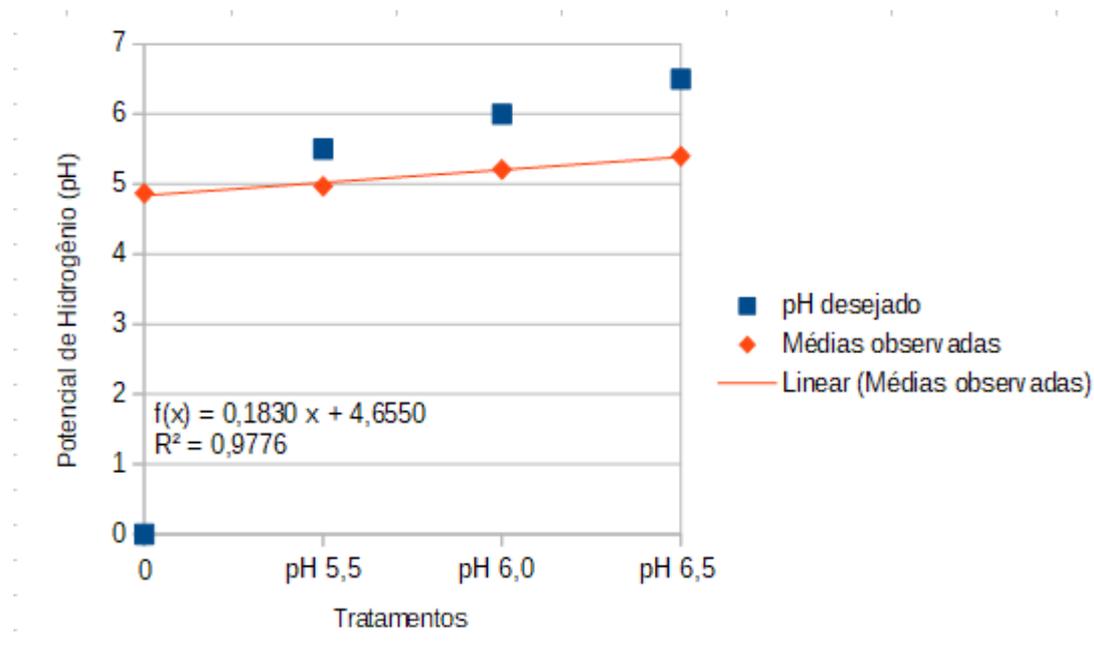
Em suma, o resíduo com o menor PRNT dos 3 tratamentos utilizados no experimento se manteve com as médias mais elevadas do experimento, sendo possível graças a maior quantidade de bases fortes na composição do resíduo, tendo maior teor de argamassas em sua composição, onde nelas encontram-se maiores quantidades de elementos com composição básica de calcário, como cimento e a cal. A cal é uma base forte, possuindo liberação rápida de óxidos para o meio, ocasionando assim o melhor resultado. Como o experimento teve duração

inferior aos 90 dias necessários para a dissolução total dos corretivos de acidez esse pode ter sido o fator que levou ao resíduo teoricamente menos “eficiente” ter ficado em primeiro lugar.

Para o nível doses de resíduos utilizadas no solo incubado sobre a elevação do pH do mesmo, a regressão se ajustou de forma polinomial de 1º grau, com os seguintes resultados.

As médias de pH H<sub>2</sub>O ficaram abaixo das esperadas, sendo que durante o experimento ocorreu mineralização da MOS, resultando na acidificação do solo. Pode-se verificar através da linear ascendente (figura 4) que ocorreu a elevação do pH do solo com a utilização dos resíduos, mas a mesma não foi com a eficiência que se esperava, podendo essa ter interação direta com a mineralização do solo que diminuiu o pH durante a incubação.

Figura 4 - Influência de diferentes doses de resíduo de construção civil no pH H<sub>2</sub>O de Latossolo Vermelho no município de Cerro Largo – RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A utilização dos resíduos com o propósito de correção da acidez do solo mostrou-nos que a opção não é viável, devido a grande quantidade de resíduos necessários para a elevação do pH. O solo utilizado no experimento continha um índice SMP baixo (6,3) e mesmo assim as doses necessárias de resíduos foram bastante elevadas, ficando difícil a utilização em grandes escalas, devido

principalmente ao custo, tanto de transporte como de distribuição. A utilização em pomares de pequeno porte, hortas, jardins pode se tornar real, necessitando assim de mais experimentos para verificar a possibilidade de uso.

Os resíduos são oriundos de construções civis, onde possuem composição muito variável, podendo se tornar algo problemático ao longo do tempo, pois na composição é observada a existência de elementos tóxicos, conforme foi citado por Ramalho (2009). Com as aplicações de resíduo, os elementos tóxicos podem se concentrar no solo ao longo do tempo, saturando e contaminando o solo. A realização de novas pesquisas nos mostrariam qual a dimensão média da toxicidade dos resíduos, sendo que estes níveis variam bastante em função da coleta dos materiais, da sua composição entre outros fatores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de resíduos na agricultura é uma técnica que pode ser empregada, diminuindo assim a dependência da utilização de resíduos apenas para aproveitamento em novas construções civis, viabilizando novos rumos para esse problema.

Devido a normativas, a comercialização de RCC's como corretivos de acidez é impossível, pois possuem baixo PN e conseqüentemente baixo PRNT, ficando inferiores aos valores requeridos pela legislação.

O PRNT dos resíduos tem grande variabilidade, devido a grande variedade de produtos empregados na composição dos elementos da construção civil.

A adição de RCC's ao solo traz benefícios para as características químicas do solo, como a elevação do pH, mas necessitando assim grandes quantidades de resíduos.

Necessita-se de novos experimentos para uma correta avaliação do potencial de uso dos RCC's na agricultura, visto que os mesmos têm em sua composição uma grande variabilidade de nutrientes, podendo assim serem utilizados em vários segmentos da agricultura. Fica registrada a necessidade de novas avaliações buscando quantificar os elementos tóxicos para plantas e ambiente dos RCC's.

## REFERÊNCIAS

- ABCERAM, A. B. de C.. **MATÉRIAS PRIMAS NATURAIS**. Disponível em: <https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>. Acesso em: 25 Abr. 2019.
- ABRELPE, A. B. de E. de L. P. e R. E. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**, 2016. p. 60.
- ANGULO, S. C.. **VARIABILIDADE DE AGREGADOS GRAÚDOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO RECILADOS**. 2000. 155 p. São Paulo.
- ANGULO, S.C. **CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO RECICLADOS E A INFLUÊNCIA DE SUAS CARACTERÍSTICAS NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS CONCRETOS**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2005. 149p.
- ALMEIDA, J. A de; ERNANI, P. R.. Influência do solvente, da relação solo/solvente, e da incubação das amostras úmidas na variação do pH de solos catarinenses. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, nº 1, p. 81-85, 1996.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 180-186, 2011.
- BRANCO, P. de M. Os solos. **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**. 2014. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Os-Solos-2620.html>> Acesso em: 20 abr. 2019.
- BRASIL, M. do M. A.. **MANUAL DE EDUCAÇÃO PARA O CONSUMO SUSTENTÁVEL**. 2005. Brasília. 150 p.
- BRASIL. M. do M. A. (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 307, de 05 Jul. 2002. **ESTABELECE DIRETRIZES, CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**.
- CAMPO & NEGÓCIOS. G. FORÇA DOS ÓXIDOS DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PARA FERTILIZAÇÃO DO SOLO. p. 14 – 18. **Revista Campo e negócios**. ano XII n. 143 – Janeiro 2015.
- CANEDO, A. C.; BRANDÃO, F. B.; FILHO, L. P. **REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2011 p. 82.
- CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **RECURSO SOLO: PROPRIEDADES E USOS**. São Carlos: Cubo, 2015. Cap. 9 p. 273.

CQFS-RS/SC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA**. 11<sup>a</sup> ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 376 p., 2016.

DELONGUI, L., et al. **PANORAMA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2011**. p. 71 – 80. Disponível em: [http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7\\_N18.pdf](http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7_N18.pdf) Acesso em: 25 Abr. 2019.

EMBRAPA, E. B. De P. A. Centro nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 2006.

FERNANDEZ, J. A. B. **DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Brasília. 2012. p 34.

FERREIRA, D. F. **MANUAL DO SISTEMA SISVAR PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS**. Universidade Federal de Lavras Departamento de Ciências Exatas, Lavras – MG, 2000.

GIRACCA, E. M. N. **EFEITOS DO CALCÁRIO EM ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO**. Dissertação (tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2005. 61 p.

ISAIA, G. C. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS – 3ª EDIÇÃO ATUALIZADA E AMPLIADA VOL. I E VOL. II**. Ed.: IBRACON. p.1726.

KARPINSKI, L. et al. **GESTÃO DIFERENCIADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: Uma abordagem ambiental**. Porto Alegre. 2009. 163 p.

LASSO, P. R. O. **AVALIAÇÃO DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO REICLADOS COMO CORRETIVO DA ACIDEZ DO SOLO**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. Vol.37. n.6. Viçosa. 2013.

LIMA, A. B.. **O PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTO PORTLAND**. Monografia (Engenharia de recursos naturais). Belo Horizonte. 2011. pg. 38.

MACHADO, M. C. **RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO SUBSTRATO PARA PLANTAS: AVALIAÇÃO QUÍMICA E AMBIENTAL**. 131 p.

MARTINS, A. et al. **CIMENTO**. 2007. 20 p. Apostila. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1276.pdf>> Acesso em: 20 Nov. 2019.

OLIVEIRA, J. C. de. **INDICADORES DE POTENCIALIDADES E DESEMPENHO DE AGREGADOS REICLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**. 2007. Brasília. p. 167.

Primavesi, A. C.; Primavesi, O. **CARACTERÍSTICAS DE CORRETIVOS AGRÍCOLAS**. São Carlos Embrapa Pecuária Sudeste. 2004. 28 p.

RAMALHO, A. M. & PIRES, A. M. M. **VIABILIDADE DO USO AGRÍCOLA DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DA INDÚSTRIA CERÂMICA: ATRIBUTOS QUÍMICOS**. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-CIIC, 3., Campinas, 2009. Anais. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2009.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; ZULLO, M. A. T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do estado de são paulo. **Revista Científica do instituto agrônomo**. Campinas. Vol.38. Nº 7. 1979. p. 13.

SILVA, F. C. Da. **MANUAL DE ANÁLISES QUÍMICAS DE SOLOS, PLANTAS E FERTILIZANTES**. 2. ed. Brasília, DF . Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SILVA, P. A. **ESTUDO MINERAL DE UMA SUPERCALAGEM NO MILHO**. 2005. 3 p. Disponível em: <http://biblioteca.univap.br/dados/INIC/cd/inic/IC5%20anais/IC5-13.PDF> Acesso em: 28 Jun. 2019.

VARELLA, M.; **APOSTILA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. 2013. (s.l: s.n) 96 p. Apostila. Acesso em: Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/apostila-de-materiais-de-construcao-curso-tecnico> 25 Abr. 2019.

VIEIRA, R. C. B. **CAMADA DIAGNÓSTICA, CRITÉRIOS DE CALAGEM E TEORES CRÍTICOS DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO NO CENTRO-SUL DO PARANÁ**. 2010. Dissertação de mestrado. Porto Alegre. 83 p.

WIETHÖLTER, S. **CALAGEM NO BRASIL**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 104 p. (Embrapa Trigo. Documentos 22).