

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

CARINA GIRELLI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE REÚSO DA AREIA RECICLADA
PROVENIENTE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, COMO MATERIAL
PARA CORREÇÃO DA ACIDEZ DE SOLOS**

CRICIÚMA

2017

CARINA GIRELLI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE REÚSO DA AREIA RECICLADA
PROVENIENTE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, COMO MATERIAL
PARA CORREÇÃO DA ACIDEZ DE SOLOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenharia Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Jader Lima Pereira

CRICIÚMA

2017

CARINA GIRELLI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE REÚSO DA AREIA RECICLADA
PROVENIENTE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, COMO MATERIAL
PARA CORREÇÃO DA ACIDEZ DE SOLOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, com Linha de Pesquisa em Restauração de ambientes alterados e recuperação de áreas degradadas.

Criciúma, 21 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jader Lima Pereira - Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Marcos Back - Doutor - (UNESC)

Prof. Mário Ricardo Guadagnin - Mestre - (UNESC)

**Dedico esse trabalho às bases da minha
vida, Deus e minha família.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo amor, força e coragem durante toda esta longa caminhada, pois reconheço que sem Ele nada sou.

Agradeço infinitamente aos meus pais, que sempre me apoiaram, sendo em oração como num conforto de um abraço, agradeço infinitamente aos meus irmãos, por se fazerem sempre presentes na minha vida, sempre acreditando em mim, me apoiando, ajudando e me confortando em momentos difíceis, a vocês muito obrigada, vocês são presentes especiais em minha vida, amor eterno.

Ah não posso deixar de fazer um agradecimento especial a uma pessoinha que amo muito, acho que vai seguir os passos da tia, muito obrigada Kevin por fazer meus dias mais especiais com sua alegria, doçura, com seu amor, te amo do tamanho do universo!

Agradeço aos meus padrinhos Libero e Sônia, por fazer parte da minha vida, pelo amor, carinho, conselho, aquele forte abraço, pelas orações, muito obrigada pelo presente que é ter vocês em minha vida.

Agradeço ao meu professor orientador MSc. Jader Lima Pereira por ter aceitado me acompanhar nesta jornada, por todo esforço, dedicação, paciência, muito obrigada por todos os ensinamentos.

Agradeço todos os professores do curso de Engenharia Ambiental, sem a dedicação, atenção, conhecimentos transmitidos não realizaria esse sonho. Em especial ao Prof. MSc. Evânio Ramos Nicoleit, Profa. MSc. Mainara Figueiredo Cascaes e Profa. MSc. Leila Laís Gonçalves por acreditar em mim, pelos ensinamentos, parceria no desenvolvimento de projetos de iniciação científica, pesquisa e extensão, pelo carinho e ombro amigo. Agradeço também aos professores MSc. Gilca Benedet, MSc. Gustavo Bisognin, que fizeram parte da minha caminhada em projetos de pesquisa e extensão, agradeço pelos ensinamentos. A todos vocês minha gratidão, podem ter certeza que cresci muito tanto como profissional quanto pessoa.

Agradecimento especial aos professores MSc. Mario Ricardo Guadagnin e Dr. Marcos Back, por aceitarem o convite para compor a banca desse trabalho.

Agradeço meus amigos (a) de curso, pela parceria durante essa caminhada, por todo incentivo, risos, choros, aprendizados, sem vocês não teríamos passado por tudo e nos tornado mais fortes, (não citarei nomes para não esquecer

ninguém). Não posso deixar de agradecer aos amigos de projeto, por toda parceria, amizade e ensinamentos, a claro pelos cafés que vamos combinar depois das pesquisas nada melhor que um gostoso café, em especial a parceria com o Zé (Luiz Felipe) e toda equipe Kiron.

Agradeço a todos os meus amigos, amigos família, amigos amigos, amigos vizinhos, amigos igreja, enfim, amigos, por todo apoio, amor, carinho e diversão, sem vocês não teria chegado até aqui.

Agradeço a empresa/usina recicladora por permitir o desenvolvimento desse trabalho com apoio, colaboração e pela oportunidade do estágio, foi minha segunda escola, foram 10 meses de intensa aprendizagem. Forte abraço a toda equipe.

Agradeço ainda, meus pastores Fabrício Porto e Rute Porto, pelo apoio, pelos momentos de orações, pela companhia e amizade.

Sem todos vocês não teria chegado até aqui, sou grata a Deus por cada vida que fez e faz parte da minha!

“Atitudes não acontecem por acaso, são os produtos de nossas escolhas.”

Joyce Meyer

RESUMO

O aumento da exploração dos recursos naturais, tem resultado em diferentes alterações ambientais, comprometendo negativamente a qualidade do solo, ar e recursos hídricos. Com o crescimento econômico, o setor da construção civil vem crescendo significativamente nos últimos 20 anos, tendo como consequência a geração grandes volumes de resíduos de construção e demolição (RCD). O trabalho foi desenvolvido numa usina de reciclagem de resíduos da construção civil. A reciclagem de RCD traz benefícios ambientais e econômicos, uma vez que evita parte da exploração de recursos naturais e devolve ao mercado um produto com qualidade e pronto para reuso. O trabalho teve como objetivo geral analisar a viabilidade técnica do reuso da areia reciclada proveniente de resíduos da construção civil, como material para correção da acidez de solos. Foram traçados objetivos específicos: a) conhecer os materiais reciclados da construção civil quanto à sua composição físico-química; b) delinear experimento para avaliação do potencial neutralizante da areia reciclada da construção civil; c) avaliar a eficiência das diferentes concentrações da areia reciclada na correção da acidez do solo. Para que os objetivos fossem alcançados, foram compreendidas quatro etapas: 1) definição e caracterização dos materiais, com base em dados secundários; 2) delineamento experimental; 3) análises estatísticas e 4) interpretação de dados. O material reciclado utilizado nos tratamentos experimentais foi a areia reciclada, é um material com granulometria inferior a 4,8mm, proveniente da britagem de materiais cinza (concreto e argamassa) e materiais vermelho (cerâmica, solo). O solo utilizado no experimento é do tipo ARGILOSSOLO VERMELHO-AMARELO, textura média/argilosa, coletado há uma profundidade de aproximadamente 2,5m basicamente utilizado o horizonte B. Considerando o parâmetro pH, a análise dos dados sugere que a areia reciclada apresenta características aplicáveis como corretivo da acidez de solos.

Palavras-chave: Agricultura. Calagem. RCD. Reciclagem. Resíduos Sólidos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa.....	32
Figura 2 - Esquema de montagem experimental em blocos inteiramente casualizados com quatro tratamentos e três repetições.	34
Figura 3 - Variação dos valores pH nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	36
Figura 4 - Variação dos valores SMP nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	40
Figura 5 - Comparação do fósforo (P) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	41
Figura 6 - Comparação do potássio (K) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	42
Figura 7 - Comparação do %M.O e %argila nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	43
Figura 8 - Comparação do alumínio (Al), acidez (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC _{Al}) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).	44
Figura 9 - Comparação do cálcio (Ca) e soma de bases (S) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	45
Figura 10 - Comparação do magnésio (Mg) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	46
Figura 11 - Comparação da capacidade de troca catiônica nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxas de reatividade das partículas de diferentes tamanhos dos calcários, adotados pela legislação brasileira IN SARC Nº 4 (2004).....	27
Tabela 2 - Composição química, poder de neutralização ou equivalente em CaCO_3 e quantidades equivalentes a uma tonelada de CaCO_3 dos principais compostos presentes em corretivos de acidez.....	28
Tabela 3 - Capacidade de neutralização das diferentes espécies neutralizantes, em relação ao CaCO_3	29
Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento para calagem de solo.....	33
Tabela 5 - Composição básica dos resíduos de construção e demolição (RCD) do Estado de SP.	35
Tabela 6 - Estatística descritiva dos ensaios de fertilidade básica dos solos submetidos aos diferentes tratamentos. Onde: T1 = branco; T2 = 50% de solo + 50% de areia reciclada; T3 = 75% de solo + 25% de areia reciclada; e T4 = 75% de solo + blend (22,5% de areia reciclada + 2,5% de gesso).	37
Tabela 7 – Valores de p obtidos a partir da comparação das concentrações médias referentes ao índice SMP registrado nos quatro tratamentos.	39
Tabela 8 - Valores de p obtidos a partir da comparação das concentrações médias referentes ao K registrado nos quatro tratamentos.	42
Tabela 9 – Valores de p obtidos a partir da comparação das concentrações médias referentes a capacidade de troca catiônica registrado nos quatro tratamentos.	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação e tipologia dos resíduos da construção civil pela Resolução CONAMA n. 307/2002 e n. 431/2011.....	20
Quadro 2- Produtos reciclados, suas características e uso recomendado.....	23
Quadro 3 - Macronutrientes e as principais funções nas plantas.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Teste de Análise de Variância
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPI	Internacional Plant Nutrition Institute
M.O	Matéria Orgânica
PN	Poder de Neutralização
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total
PMGIRS	Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de vinila
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RE	Reatividade
RSS	Resíduos de Serviço de Saúde
S	Soma de Bases
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SMP	Shoemaker Mac lean e Pratt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.1.1 Definição e classificação	19
2.1.2 Histórico de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) ..	21
2.1.3 Materiais utilizados nas usinas de RCD	22
2.1.4 Qualidade do RCD que chegam nas usinas recicladoras	24
2.2 A POLITICA NACIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	25
2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO	26
2.3.1 O processo de calagem	26
2.3.1.1 Poder relativo de neutralização total (PRNT)	27
2.3.1.2 Poder de neutralização (PN)	28
2.3.2 Macronutrientes e sua disponibilidade nos solos brasileiros	29
3 METODOLOGIA	31
3.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	31
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	32
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DO RCD.....	35
4.2 ANÁLISES E ENSAIOS LABORATORIAIS DO SOLO	35
4.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	35
4.2.2 Índice SMP	39
4.2.3 Fósforo (P)	40
4.2.4 Potássio (K)	41
4.2.5 Matéria orgânica (M.O) e textura	43
4.2.6 Alumínio (Al), acidez (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC_{Al})	44
4.2.7 Cálcio (Ca) e soma de bases (S)	45
4.2.8 Magnésio (Mg)	46
4.2.9 Parâmetro capacidade de troca catiônica (CTC_{pH7}, CTC%V)	47
4.3 A UTILIZAÇÃO DO RCD COMO CORRETIVO PARA A ACIDEZ	49
5 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	52

ANEXO(S)	56
-----------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história o homem vem explorando de forma inadequada, os recursos naturais visando a produção de diversos tipos de produtos. O aumento da exploração destes recursos, tem resultado em diferentes alterações do ambiente, comprometendo negativamente a qualidade do solo, ar e recursos hídricos.

O setor da construção civil destaca-se nos últimos 20 anos, motivado pelos incentivos fiscais/imobiliários de financiamento associados aos planos governamentais de desenvolvimento econômico, proporcionaram aumento significativo do volume de resíduos de construção e demolição (RCD). Estimuladas pelo aumento da geração de resíduos, políticas de gestão foram instituídas e/ou consolidadas (Resolução CONAMA n. 307/2002, Lei Federal n. 12.305/2010), tornando-se um importante instrumento para o gerenciamento dos resíduos em um cenário nacional.

Os RCD's representam, em diversas cidades brasileiras, cerca de 50% da massa total de resíduos sólidos gerados (MARINHO; SILVA, 2012). Desta forma, a gestão desses resíduos tem constituído uma importante ferramenta para o gerenciamento da qualidade ambiental municipal, tendo em vista, que a deposição irregular do RCD acarreta em inúmeros problemas, desde a obstrução do sistema de drenagem pluvial, até a degradação ambiental dos recursos hídricos e solos.

Além da melhoria da qualidade ambiental, a gestão adequada desses resíduos, pode representar uma nova visão, na qual o material deixa de ser tratado como resíduo e passa a ser considerado um produto com valor agregado com possibilidade de uso em diversas áreas. A reciclagem de RCD tem se tornado uma alternativa econômica e ambientalmente viável.

O trabalho aqui apresentado representa o projeto de estágio desenvolvido em uma empresa de reciclagem de resíduos da construção civil, voltada à reciclagem e a comercialização de agregados reciclados para assentamento de lajotas e *pavers*, terraplanagem, drenagem entre outros. O trabalho foi conduzido no âmbito da linha de pesquisa "Restauração de ambientes alterados e recuperação de áreas degradadas".

A areia reciclada de construção civil possui elementos constituintes que apresenta características potenciais para correção da acidez do solo. Isto posto, o

presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral, analisar a viabilidade técnica do reuso da areia reciclada proveniente de resíduos da construção civil, como material para correção da acidez de solos. Neste contexto foram definidos como objetivos específicos: a) conhecer os materiais reciclados da construção civil quanto à sua composição físico-química; b) delinear experimento para avaliação do potencial neutralizante da areia reciclada da construção civil; c) avaliar a eficiência das diferentes concentrações da areia reciclada na correção da acidez do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos 20 anos, o acelerado crescimento da construção civil tem gerado volumes significativos de resíduos de construção e demolição (RCD) que, por sua vez, são na maioria das vezes depositados em locais impróprios (MAIA et al., 2009). Dados levantados por Marinho e Silva (2012), apontam que em diversas cidades brasileiras o RCD representa mais de 50% da massa de resíduos sólidos urbanos.

Em estudo realizado por Rosa e Guadagnin (2012) na região sul de Santa Catarina nos municípios pertencentes da AMREC, onde foram identificadas 204 áreas de onze municípios que com deposição irregular de RCD. Sendo que dessas 204 áreas, 98 são do município de Criciúma que corresponde aproximadamente 48% de todas as áreas levantadas, o segundo com mais pontos de deposição irregular de resíduos pertence ao município que de Içara, sendo 41 pontos que correspondeu a 20% do total das áreas levantadas no estudo.

Segundo Strauch e Albuquerque (2008), o aumento de volume de resíduos produzidos reflete a superexploração dos recursos naturais, superando a capacidade de resiliência da natureza.

2.1 OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é responsável pela geração de grande quantidade de resíduos que, na maioria das vezes é ignorado pelos gestores (empresas construtoras ou autônomos do setor), seja pela falta de conhecimento, seja pela inexistência de planos de gestão. Desta forma, a gestão destes, torna-se um fator preocupante para o setor da construção civil, principalmente, no que se refere a poluição visual, tendo em vista que os RCD são observados em todos os lugares das cidades, tanto misturados ao lixo doméstico, quanto jogados a beira de estradas, rios e encostas (GAEDE, 2008).

Outros autores como Silva et al. (2016), apontam que muitas vezes a falta de conhecimento ou hábitos culturais acabam afetando diretamente no consumo de produtos sem a consciência ambiental, dessa forma, não são realizadas a reciclagem de modo adequado desses resíduos.

A disposição irregular de RCD geram diversos impactos e prejuízos a população e aos gestores públicos. Entre estes, pode-se destacar a ocorrência de enchentes, resultando na perda de infraestrutura de drenagem por entupimento de galerias e assoreamento de canais, além da proliferação de vetores (GAEDE, 2008).

Em algumas cidades brasileiras, este material é disposto em aterros sanitários, procedimento este, que é considerado um desperdício de recursos financeiros, já que por meio da reciclagem pode-se reduzir os impactos negativos, tanto sob a perspectiva ambiental quanto econômica (ABRECON, 2015).

Segundo Pinto (1999), o Brasil apresenta uma produção média anual de RCD de 500kg/hab.. Assim, considerando que o país possuía em 2014, segundo IBGE, 202.033.670 habitantes e que a massa unitária do RCD é de 1.200kg/m³, estima-se que a geração anual de RCD seja de 84.180.696m³ (ABRECON, 2015). Ainda conforme Pinto (1999), em cidades brasileiras de médio e grande porte, os RCD representam de 40 a 70% de todos os sólidos nas cidades brasileiras, cujo destino incorreto traz prejuízos econômicos, sociais e ambientais (ABRECON, 2015).

Um crescimento mais acelerado da quantidade de usinas instaladas ocorreu após o ano de 2002 com a publicação da Resolução CONAMA n. 307/2002 (BRASIL, 2002), pois a partir deste ano os geradores começaram a ser responsáveis pelos resíduos gerados. Isto estimulou o setor privado em investir em usinas de reciclagem de RCD (MIRANDA et al., 2016).

2.1.1 Definição e classificação

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal n. 12.305/2010 apresenta uma definição genérica aos resíduos sólidos. Desta forma, a PNRS define resíduos sólidos como qualquer material descartado que seja decorrente de atividades humanas e que necessite de uma destinação final adequada, seja este sólido, líquido ou gasoso (BRASIL, 2010a).

A exemplo da PNRS, a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) por meio da NBR 10.004/2004, apresenta uma definição genérica aos resíduos sólidos. Segundo a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004, p.1) resíduos sólidos são “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Desta forma, os resíduos sólidos são classificados em: Resíduos Classe I -

Perigosos e Resíduos Classe II - Não perigosos, sendo estes, divididos em resíduos Classe II A - Não inertes e resíduos Classe II B - Inertes (ABNT, 2004).

Os resíduos da construção civil usualmente estão enquadrados como resíduos classe II B – Inertes, conforme NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004, p.5). Entretanto, a presença de tintas, solventes, óleos e outros derivados pode mudar a classificação do RCD para classe I ou classe II A (CABRAL; MOREIRA, 2011).

De acordo com Resolução CONAMA n. 307/2002, os resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, 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 (BRASIL, 2002).

A Resolução CONAMA n. 307/2002, define ainda que agregado reciclado é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia (BRASIL, 2002).

A Resolução CONAMA n. 307/2002, traz uma classificação mais adequada, quando comparada aquela apresentada pela NBR 10.004/2004, separando os resíduos da construção civil em quatro classes (A, B, C e D). Já as Resoluções CONAMA n. 348/2004, e n. 431/2011, modificaram a classificação da Resolução n. 307/2002, inserindo o amianto como material perigoso (classe D) e mudando a classificação do gesso, de Classe C para a Classe B. O Quadro 1 apresenta a classificação dos resíduos conforme a Resolução CONAMA n. 307/2002.

Quadro 1 - Classificação e tipologia dos resíduos da construção civil pela Resolução CONAMA n. 307/2002 e n. 431/2011.

Classe	Descrição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras.
B	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.

Classe	Descrição
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
D	Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: BRASIL (2002; 2011).

Embora o gesso tenha sido reclassificado como resíduo Classe B, este ainda necessita ser depositado em local próprio, não sendo permitido a sua mistura com os demais resíduos Classe B, muito menos com os das outras classes (CABRAL; MOREIRA, 2011).

2.1.2 Histórico de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD)

A reciclagem de resíduos de construção e demolição constitui uma atividade recente no Brasil, tendo se desenvolvido com maior ênfase nos últimos 15 anos (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009). Segundo os autores, em 2009 existiam cerca de 48 usinas de reciclagem instaladas no país, das quais, cerca de 50% eram públicas com uma taxa de 4,8% de reciclagem.

Com o desenvolvimento do mercado da reciclagem do RCD, motivado principalmente pela necessidade do atendimento à Resolução CONAMA n. 307/2002 (BRASIL, 2002), diversas construtoras implantaram o gerenciamento e a triagem de resíduos em seus canteiros de obras. Segundo Miranda, Ângulo e Careli (2009) a triagem de RCD em canteiros apresenta vantagens econômicas e ambientais, uma vez que reduz o volume de resíduos transportados, viabiliza soluções mais simples de reciclagem do resíduo classe A, seja em canteiro ou em usinas, e permite a reciclagem de todos os resíduos da classe B (madeira, plástico, aço e papel).

Com o aquecimento do mercado da construção civil entre 2007 e 2013, aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei Federal n. 12.305/2010 (BRASIL, 2010a), e sua regulamentação, por meio de Decreto Federal n. 7.404 de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010b), um novo marco no setor de resíduos de construção foi promovido, dando nova força à gestão e reciclagem de RCD (MIRANDA et al., 2016).

Com o desenvolvimento do setor surgiu a necessidade de fortalecê-lo e organizá-lo, surgindo em 2011, a Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição - ABRECON (ABRECON, 2015). A ABRECON surgiu da necessidade das empresas recicladoras de entulho de mobilizar e sensibilizar governos e sociedade sobre a problemática do descarte irregular dos resíduos da construção e oferecer soluções sustentáveis para a construção civil. ABRECON se posiciona como representante do setor de reciclagem de entulho no aperfeiçoamento de projetos, leis e programa visando reutilizar e reciclar o RCD gerado (ABRECON, 2015).

2.1.3 Materiais utilizados nas usinas de RCD

A reciclagem de RCD vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja na diminuição dos impactos ambientais gerados pelo setor ou na redução dos custos de beneficiamento de recursos naturais “brutos”. Contudo, o processo de reciclagem dos resíduos provenientes da construção civil deve ser realizado de forma cautelosa e criteriosa para garantir o sucesso destes produtos no mercado (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

A reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente. As variáveis como o tipo de resíduo, a tecnologia empregada, podem tornar o processo de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo antes de ser reciclado. O processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Para Ângulo, Zordan e John (2001), a maior experiência brasileira na área de reciclagem de produtos gerados por outros setores na produção de materiais de construção civil é a conduzida pela indústria cimenteira, que recicla principalmente escórias de alto forno básica e cinzas volantes. Além desta, a reciclagem de pavimento asfáltico, introduzida no mercado paulistano no início da década de 90 é hoje uma realidade nas grandes cidades brasileiras, viabilizando a reciclagem tanto do asfalto quanto dos agregados do concreto asfáltico (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Além das escórias de alto forno, pavimento asfálticos, muitas usinas recebem material contendo sucata de aço, que são provenientes do reforço existente

no concreto armado. Outros materiais com potencial para uso na construção civil são ignorados por profissionais do setor, destacando-se os resíduos derivados do saneamento urbano (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Caso semelhante é observado para a reciclagem do fosfogesso que constitui um resíduo da produção de adubos. Segundo Ângulo, Zordan e John (2001), o produto gerado a partir da reciclagem do fosfogesso apresenta tendência ao desenvolvimento de fungos fazendo com que o processo fosse abandonado. Contudo, Canut (2006) apresenta opções de viabilidade da reciclagem do fosfogesso na substituição do gesso natural, levando em consideração as propriedades física, química e mecânica do fosfogesso.

O segmento da reciclagem de resíduos da construção e demolição no Brasil ainda é incipiente, em muitos países da Europa, motivados pela escassez de recursos, a reciclagem deste resíduo é um mercado desenvolvido (ABRECON, 2016).

No Brasil, uma característica fundamental para a reciclagem de RCD é o entendimento das questões ambientais e as práticas sustentáveis, uma vez que, ser sustentável significa que em todo o processo, não deve ser utilizado recursos naturais, como pedreiras, cascalhos, terra ou material congênere (ABRECON, 2016). O Quadro 2 apresenta os produtos obtidos a partir do processo da reciclagem dos RCD, suas características e uso recomendado.

Quadro 2- Produtos reciclados, suas características e uso recomendado.

Produto	Características	Uso recomendado
Areia Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contra pisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco Reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos Inter travados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica Corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150mm, isento de	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Produto	Características	Uso recomendado
	impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	

Fonte: ABRECON (2016).

Os produtos apresentados no Quadro 2, são descritos na Resolução CONAMA n. 307/2002, onde apresenta os materiais de RCD que são permitidos para realizar reciclagem pelas usinas, sendo eles, argamassa, concretos, tijolos, telhas sem amianto, material de cerâmica, e apresenta os proibidos como, resíduo orgânico, amianto, tintas, vernizes e solventes, lâmpadas, pilhas e resíduo de serviço de saúde (RSS) (BRASIL, 2002).

2.1.4 Qualidade do RCD que chegam nas usinas recicladoras

A composição e a qualidade dos RCD dependem, basicamente, da natureza dos processos construtivos e, conseqüentemente, dos materiais empregados (ULSEN et al., 2010).

Em 2008, Bernardes et al. (2008) realizaram a quantificação e classificação dos RCD coletados no município de Passo Fundo, RS. Durante o estudo foram identificados 14 tipos de RCD, sendo em sua maioria, classificados como resíduos Classe A provenientes de argamassa, tijolos, concreto e cerâmica que, somados, chegaram a 94,8% dos resíduos. Os resíduos de Classe B (madeira, matéria orgânica, metal, papel, plásticos, tecido, isopor, PVC) compreenderam apenas 3,1%, enquanto que os resíduos de Classe C (gesso), somaram apenas 2,1%.

Miranda, Ângulo e Careli (2009), realizaram uma pesquisa na qual foi avaliada a qualidade do RCD que chegavam nas usinas recicladoras, e concluíram que 52% do material destinado às usinas era totalmente triado, enquanto que apenas 25% eram parcialmente triados e 23% não triado. Quanto à composição, o material recebido nas usinas é predominantemente misto, composto das frações cinza (concreto, argamassas, cimento) e vermelho (cerâmica, telhas de barro e congêneres) misturadas.

Ulsen et al. (2010), discutem, exclusivamente, a composição química de agregados reciclados mistos (com teores variáveis de cerâmica vermelha) provenientes de duas usinas de reciclagem do Estado de São Paulo: Itaquera e

Vinhedo. Segundo os autores, os materiais avaliados apresentam teores entre 48 e 84%, para a sílica (SiO_2), sendo este, o principal óxido presente no RCD, tendo em vista a sua associação aos agregados naturais do concreto e da argamassa. A alumina (Al_2O_3) representa 4,7 a 11%, tem relação na presença da cerâmica vermelha e solo, com traços secundários à presença de feldspatos e do cimento. Já o óxido de cálcio (CaO) proporciona 2,4 a 14%, está associado ao aglomerante (pasta de cimento endurecida, cal, gesso, etc.).

2.2 A POLITICA NACIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é instituída pela Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010 tem como objetivo dispor sobre os princípios e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Com estratégias definidas a curto, médio e longo prazo para que as questões dos resíduos sejam resolvidas no Brasil (BRASIL, 2010a).

De acordo com o inciso I da Lei n. 12.305/2010 os agentes geradores, sendo estes, pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, são responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

O artigo 25, a Lei afirma que:

o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta lei e em seu regulamento. (BRASIL, 2010a).

Já o gerador comum “de resíduos sólidos domiciliares tem cessada sua responsabilidade pelos resíduos com a disponibilização adequada para a coleta ou”, encaminhamento dos resíduos no sistema de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor. A Lei n. 12.305/2010 ainda traz a responsabilidade compartilhada, com obrigações que envolvem os cidadãos, as empresas, as prefeituras e os governos estaduais e federal (BRASIL, 2010a).

Com a PNRS o setor de construção civil fica obrigado a elaborar planos de gerenciamento de resíduos da construção civil no qual serão regidos pelas normas estabelecidas pelos órgãos competentes do SISNAMA e através do plano

devem realizar a destinação final ambientalmente adequada aos RCD, não podendo mais encaminhá-los aos aterros (BRASIL, 2010a).

2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

Os solos podem ser naturalmente ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem, ou a processos de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), etc. A acidez do solo é um dos principais fatores capazes de reduzir o potencial produtivo dos solos brasileiros, pois promove a liberação de elementos tóxicos para as plantas (Al^{+3}) e diminui a disponibilidade de nutrientes para as mesmas. Em qualquer caso, a acidificação se inicia, ou se acentua, devido à remoção de bases da superfície dos colóides do solo (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

Conhecer as características físico-químicas do solo é de extrema importância, principalmente quando se trata da capacidade de troca ou retenção de cátions e ao pH. A primeira reflete a capacidade de armazenamento de nutrientes catiônicos pelo solo, além da qual esses nutrientes ficam mais sujeitos à lixiviação, já o pH, que é um índice que indica o grau de acidez do solo, determina a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados a assimilação dos nutrientes pelas plantas. Considerando-se que a maioria dos solos brasileiros apresentam acidez média a alta, a sua correção, ou seja, a calagem, é um fator decisivo na eficiência das adubações (ALCARDE; GUIDOLIN; LOPES, 1998).

A calagem é considerada como uma das práticas que mais contribui para o aumento da eficiência dos adubos e conseqüentemente, da produtividade e da rentabilidade agropecuária (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991). A utilização de corretivos da acidez do solo é, portanto, de grande importância para a produção agrícola, o pH referência é o valor do pH do solo mais adequado ao desenvolvimento das culturas. O pH ideal para o desenvolvimento da enquadra-se na classe de pH 5,5 (CQFS-RS/SC, 2004).

2.3.1 O processo de calagem

Dentre as diversas características relacionadas à qualidade dos corretivos de acidez dos solos, duas se mostram as mais importantes: a granulometria e o teor

de neutralizantes, as quais determinam o PRNT (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

2.3.1.1 Poder relativo de neutralização total (PRNT)

Para expressar o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), devem ser considerados dois atributos Poder de Neutralização (PN) e Reatividade (RE) (CQFS-RS/SC, 2004).

A Reatividade (RE) de um corretivo é dado a velocidade de sua ação no solo, ou seja, a rapidez com que corrige a acidez. O RE depende de alguns fatores, entre eles, as condições de solo e de clima, quanto maior for a acidez do solo, a temperatura e a umidade, maior é a reatividade, razão porque nas regiões tropicais os corretivos são mais reativos do que nas regiões temperadas e frias.

Além destes, a granulometria, conforme citado anteriormente, representa um fator determinante para o processo de reatividade (ALCARDE, 2005). Segundo o autor, a fração dos corretivos cuja granulometria é superior a 2mm não tem efeito considerável na correção da acidez, sendo considerada a fração reativa a porção cuja granulometria fica abaixo de 2mm. Por outro lado, as frações granulométricas inferiores a 0,30mm reagem totalmente durante o período de 3 meses. Os grãos de granulometria intermediária (0,30mm - 2mm) reagem mais lentamente, e em função disto, permanecem reativos por um período superior a três meses. A Tabela 1 apresenta as taxas de reatividade adotadas pela legislação brasileira para as diferentes frações granulométricas, isto é, o percentual de ação do calcário no solo para um período de 3 meses (ALCARDE, 2005).

Tabela 1 - Taxas de reatividade das partículas de diferentes tamanhos dos calcários, adotados pela legislação brasileira IN SARC N° 4 (2004).

Fração granulométrica Peneira (ABNT)	Fração granulométrica Dimensão (mm)	Reatividade (RE)
Maior que 10	Maior que 2	0
10 – 20	2 a 0,84	20
20 – 50	0,84 – 0,30	60
Menor que 50	Menor que 0,30	100

Fonte: Brasil (2004 apud ALCARDE, 2005).

Portanto, para o autor, a reatividade significa o percentual do corretivo que reage no solo dentro de um período de 3 meses. Além de conhecer a reatividade do corretivo, é importante a avaliação do Efeito Residual (ER) deste corretivo. Segundo Alcarde (2005) o Efeito Residual (ER) de um corretivo é o tempo de duração do processo de correção da acidez, ou seja, é a duração da calagem. Contudo o ER depende de alguns fatores, entre eles, a dosagem de corretivo usada na calagem, o tipo de solo, adubações (os adubos nitrogenados acidificam o solo), a intensidade de cultivo, entre outros (ALCARDE, 2005).

A Tabela 2 apresenta a composição química, os valores de PN e as quantidades equivalentes em CaCO_3 de compostos existentes em materiais corretivos de acidez (CQFS-RS/SC, 2004).

Tabela 2 - Composição química, poder de neutralização ou equivalente em CaCO_3 e quantidades equivalentes a uma tonelada de CaCO_3 dos principais compostos presentes em corretivos de acidez.

Corretivo	Fórmula	PN ou E_{CaCO_3} (%)	Quantidade equivalente (kg)
Carbonato de cálcio	CaCO_3	100	1000
Carbonato de magnésio	MgCO_3	119	840
Hidróxido de cálcio	Ca(OH)_2	135	741
Hidróxido de magnésio	Mg(OH)_2	172	581
Óxido de cálcio	CaO	179	559
Óxido de magnésio	MgO	248	403

Fonte: CQFS-RS/SC (2004).

Ao adquirir um corretivo, é importante considerar o custo do produto por unidade de PRNT, posto na área a corrigir e não o custo por tonelada de produto. Além do PRNT do corretivo, deve-se também considerar o seu teor de magnésio, por ser este um nutriente geralmente determinado em menor teor que o cálcio nos solos ácidos do Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004).

2.3.1.2 Poder de neutralização (PN)

O Poder de Neutralização (PN) indica a capacidade potencial do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. O PN de um corretivo depende não só do teor de

neutralizantes presentes, mas também a natureza química do neutralizante (ALCARDE, 2005). O autor apresenta ainda, os valores de PN relacionados para cada espécie de neutralizante devido sua capacidade de neutralização, onde as capacidades estão expressas em relação à capacidade do CaCO_3 (Tabela 3).

Tabela 3 - Capacidade de neutralização das diferentes espécies neutralizantes, em relação ao CaCO_3 .

Espécies de Neutralizantes	Capacidade de neutralização relativa ao CaCO_3
CaCO_3	1,00
MgCO_3	1,19
CaO	1,79
MgO	2,48
Ca(OH)_2	1,35
Mg(OH)_2	1,72
CaSiO_3	0,86
MgSiO_3	1,00

Fonte: ALCARDE (2005).

CQFS-RS/SC (2004), apresenta os cálculos de valores do PN de um corretivo, utilizando os teores de CaO e de MgO . Segundo Alcarde (2005), a determinação do PN indica apenas que o produto é alcalino ou básico, e a partir daí apenas supõe-se que o seu constituinte seja o CaCO_3 . Portanto, não possibilita caracterizar a natureza química do neutralizante, isto é, se é carbonato, óxido, hidróxido ou silicato, sendo assim, não permite distinguir se o produto corretivo de acidez dos solos está associado ao cálcio ou ao magnésio.

Em geral, quanto maior a Reatividade (RE) menor o efeito residual do calcário, isto é, quanto mais rápida a ação do corretivo, menor é a duração do efeito da calagem e vice-versa (para partículas menores que 2,0mm) (CQFS-RS/SC, 2004). O equivalente em CaCO_3 é expresso pelo poder de neutralização (PN) no laudo de análise. O padrão de referência é o CaCO_3 puro, com $\text{PN} = 100$. Devido à sua composição química variável, os corretivos têm diferentes capacidades de neutralização de ácidos (CQFS-RS/SC, 2004).

2.3.2 Macronutrientes e sua disponibilidade nos solos brasileiros

As plantas, além de consumirem água, oxigênio e gás carbônico, retiram do solo dezesseis elementos essenciais a vida. Desses, seis são absorvidos em

grandes quantidades, considerados como macronutrientes, sendo eles: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), os outros dez são os micronutrientes (LEPSCH, 2010). Segundo IPNI (1998), o Ca, Mg e o S, são considerados macronutrientes secundários, contudo, não significa que possuem um papel secundário no desenvolvimento dos vegetais e sim possuem importante função nutricional para as plantas. Todos os elementos devem estar presentes em quantidades adequadas para um crescimento eficaz da vegetação, bem como, a temperatura, umidade e aeração (LEPSCH, 2010).

O Quadro 3 apresenta os macronutrientes e as principais funções que favorecem o desenvolvimento das plantas, sendo que, a deficiência de apenas um deles pode prejudicar o desenvolvimento normal das culturas e, conseqüentemente, sua produção (IPNI, 1998).

Quadro 3 - Macronutrientes e as principais funções nas plantas.

Macronutriente	Funções exercidas
N	As plantas exigem grandes quantidade de nitrogênio, nas plantas ele é parte da molécula da clorofila, de aminoácidos, de proteínas entre outros. Em nível adequado produz uma cor verde escura nas folhas, já a deficiência causa a clorose (um amarelecimento).
P	É essencial para o ciclo produtivos das plantas, atuando na fotossíntese, respiração, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular. Atua ainda na formação e crescimento prematuro das raízes, melhorando a qualidade de frutas, verduras e culturas graníferas, sendo vital para a formação das sementes.
K	Sua principal função está ligada ao equilíbrio metabólico. É essencial na síntese proteica, na decomposição dos carboidratos, balanço iônico, translocação de metais pesado (Fe). Quando o ter de potássio é deficiente, a fotossíntese diminui e a respiração das plantas aumenta.
Ca	Um nutriente essencial, um constituinte da parede celular das plantas, necessário para algumas enzimas, age como regulador do metabolismo.
Mg	Constituinte da clorofila, está envolvido ativamente na fotossíntese, ajuda no metabolismo do fósforo, na utilização de açúcares pelas plantas e também na ativação de vários sistemas enzimáticos.
S	É essencial na formação das proteínas pois é parte de certos aminoácidos, auxilia na atividade das enzimas, na formação dos nódulos e na fixação de nitrogênio em leguminosas, contribui na formação da clorofila, contudo, sem fazer parte da molécula da clorofila.

Fonte: IPNI (1998) adaptado pela autora.

3 METODOLOGIA

O Trabalho de Conclusão de Curso “Análise da viabilidade técnica de reúso da areia reciclada proveniente de resíduo da construção civil, como material para correção da acidez de solos” faz parte da linha de pesquisa e extensão “Restauração de ambientes alterados e recuperação de áreas degradadas” do Curso de Engenharia Ambiental.

Toda e qualquer classificação se faz mediante algum critério, em relação às pesquisas, é usual a classificação com base em seus objetivos gerais. Assim, é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas (GIL, 2002). Esse tipo de pesquisa envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado (quando necessário); e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2002).

A pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada com método quantitativo, desta forma, as informações serão obtidas mediante pesquisa de campo e análises laboratoriais. A metodologia elaborada para a realização desta investigação está apresentada no Figura 1.

3.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

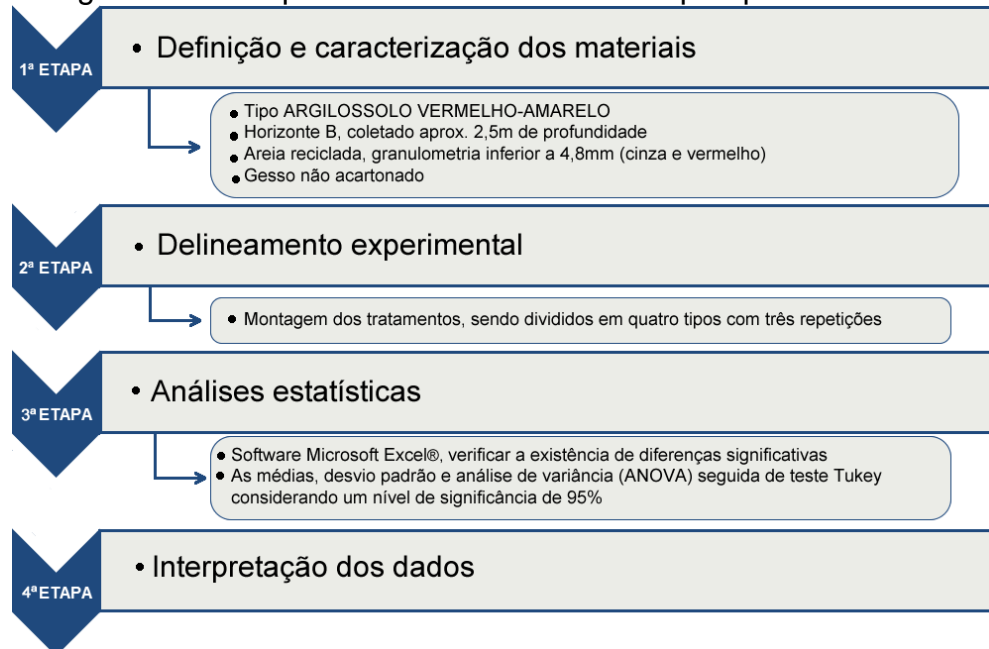
A areia reciclada, é um material com granulometria inferior a 4,8mm, isento de impurezas, proveniente da britagem blocos de concreto. Este material é recomendado para argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contra piso, solo cimento, blocos e tijolos de vedação (ABRECON, 2016). Para caracterização química do RCD foram utilizados os dados de Ulsen et al. (2010).

O gesso é um material de granulometria variável classificado como resíduo Classe B, conforme CONAMA n. 431/2011. De acordo com a NBR 10004/2004 o material é classificado como resíduo não inflamável, não perigoso, sendo enquadrado Classe II.

O solo utilizado no experimento é do tipo ARGILOSSOLO VERMELHO-AMARELO (IPAT/UNESC, 2007). Este solo apresenta textura média/argilosa e encontra-se em regiões de relevo suave ondulado e ondulado com predomínio da

Floresta Ombrófila Densa Submontana. Para a montagem do experimento foi utilizado o horizonte B coletado a uma profundidade de aproximadamente 2,5m.

Figura 1 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Da autora.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para avaliação eficiência da areia reciclada e do *blend* foi estruturado um experimento, considerando quatro tratamentos com três repetições cada, distribuídos em blocos inteiramente casualizados. Segundo Padovani (2014), a utilização de blocos inteiramente casualizados, considera grupos similares (blocos) de unidades experimentais, ou seja, quando o conjunto é heterogêneo, e aloca casualmente os tratamentos às unidades experimentais dentro dos blocos. De acordo com o autor, o termo bloco (sua origem é de fato agrônômica, cujo objetivo referia-se a faixa de terra de mesma fertilidade – fertilidade homogênea), ou seja, caracteriza-se como estrato e tem como finalidade, o controle da homogeneidade (PADOVANI, 2014).

São quatro tipos de tratamentos, T1 (branco), T2 (50-50), T3 (75-25) e T4 (75-25b), a Tabela 4 apresenta a composição desses tratamentos. O solo coletado para a montagem do experimento foi homogeneizado e separado em alíquotas para realizar a mistura com o material neutralizante (areia e *blend*).

O volume de areia utilizado foi coletado na mesma pilha de preparo. Após coleta o material foi homogeneizado para compor os tratamentos do experimento. Uma parte dessa areia foi utilizada para preparar o tratamento T2, T3 e T4, sendo que o T2 é composto por 50% de solo e 50% de areia reciclada, o T3 é composto por 75% de solo e 25% de areia reciclada, já o T4 (75-25b), onde o (25b) representa 2,5% de gesso e 22,5% da areia reciclada, os outros 75% correspondem ao solo (Tabela 4). A representação do experimento pode ser visualizada na Figura 2, onde apresenta-se o esquema de montagem do experimento em blocos inteiramente casualizados.

Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento para calagem de solo.

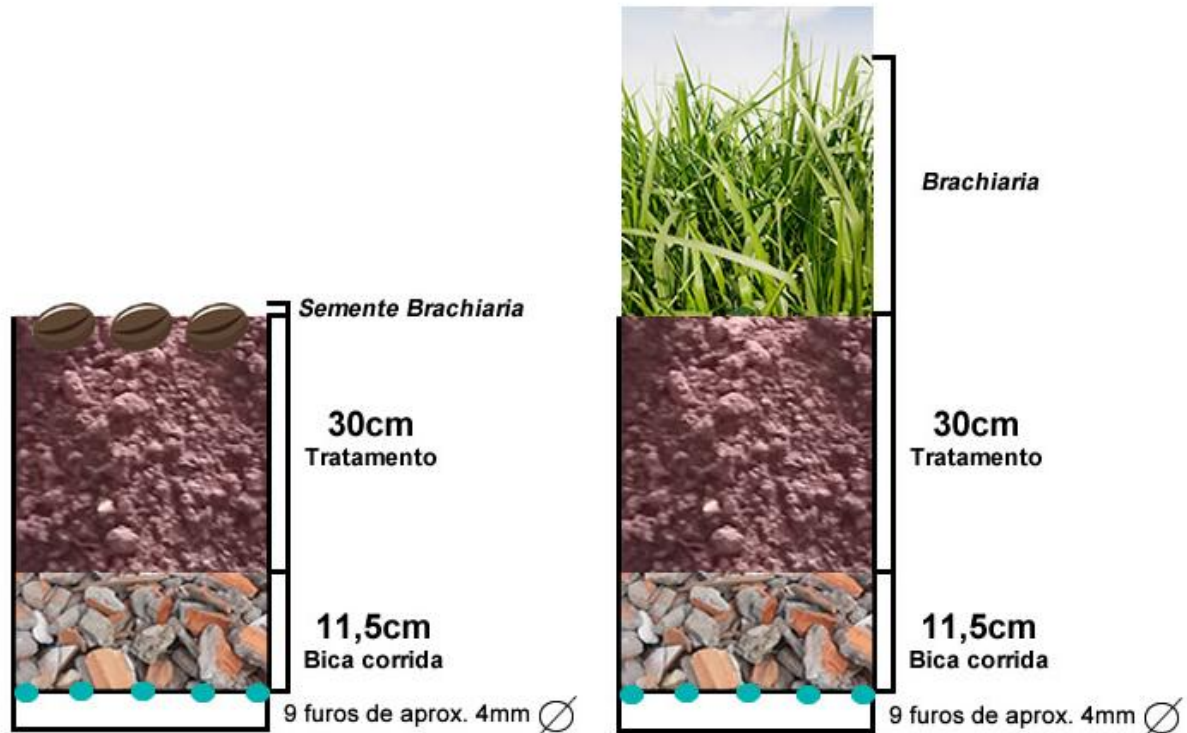
Nome do Tratamento	Descrição	Preparação
T1	100% solo	Solo homogeneizado para todos os tratamentos
T2	50% solo + 50% areia reciclada	Mistura do solo homogêneo e areia reciclada
T3	75% solo + 25% areia reciclada	Mistura do solo homogêneo e areia reciclada
T4	75% solo + 25% <i>blend</i> *	Mistura do solo homogêneo e o <i>blend</i> homogêneo

* Composição do *blend*: 2,5% é composto por gesso não acartonado e 22,5% de areia reciclada.

Fonte: Da autora.

O experimento foi montado utilizando balde plástico, reconicionado, com capacidade de 20L, num total de 12 unidades. No fundo dos baldes foram realizados 9 furos (4mm) e colocado bica corrida considerando a espessura de 11,5cm visando auxiliar na drenagem do sistema. Após a adição da bica, os baldes foram preenchidos com o substrato preparado, considerando uma espessura de 30cm. Após 15 dias, procedeu-se a semeadura de braquiária (*Urochloa* sp.) com intuito de constituir cobertura vegetal dos experimentos.

Figura 2 - Esquema de montagem experimental em blocos inteiramente casualizados com quatro tratamentos e três repetições.



Fonte: Da autora.

A Análise de Fertilidade Básica do Solo (AFBS) tem como objetivo principal quantificar em laboratório algumas características químicas e físicas, o que permite realizar recomendações de insumos mais eficientes e a avaliação do período de plantio de culturas anuais. Os substratos utilizados na constituição dos tratamentos foram encaminhados para o laboratório de solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) de Ituporanga/SC para análise dos parâmetros de fertilidade básica.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

De posse dos dados de fertilidade básica, estes foram tabulados, utilizando-se o *software* Microsoft Excel®. Após a tabulação foram realizadas as análises estatísticas dos dados, com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre os diferentes tratamentos.

Foi utilizada estatística descritiva (média e desvio padrão), acompanhada de análise de variância (ANOVA) seguida de teste Tukey considerando um nível de significância de 95%.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção são apresentadas as análises de dados, a fim de avaliar a viabilidade técnica da utilização de agregados reciclados provenientes da construção civil na agricultura, como corretivo para a acidez do solo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DO RCD

Segundo Ulsen et al. (2010), os RCD são constituídos basicamente de três óxidos, sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e o óxido de cálcio (CaO) (Tabela 5). De acordo com os autores, a sílica é o principal óxido presente no RCD, podendo constituir até 84% do resíduo, encontrando-se associado aos agregados naturais do concreto e da argamassa. A alumina, por outro lado, encontra-se associado a presença de cerâmica vermelha e solo, com traços secundários de feldspato e cimento. Já o óxido de cálcio, está associado ao aglomerante (pasta de cimento endurecida, cal, gesso, etc.).

Tabela 5 - Composição básica dos resíduos de construção e demolição (RCD) do Estado de SP.

Substância	Constituição química	Quantidade (%)
Sílica	SiO_2	48 a 84
Alumina	Al_2O_3	4,7 a 11
Óxido de cálcio	CaO	2,4 a 14

Fonte: Ulsen et al. (2010) adaptado pela autora.

4.2 ANÁLISES E ENSAIOS LABORATORIAIS DO SOLO

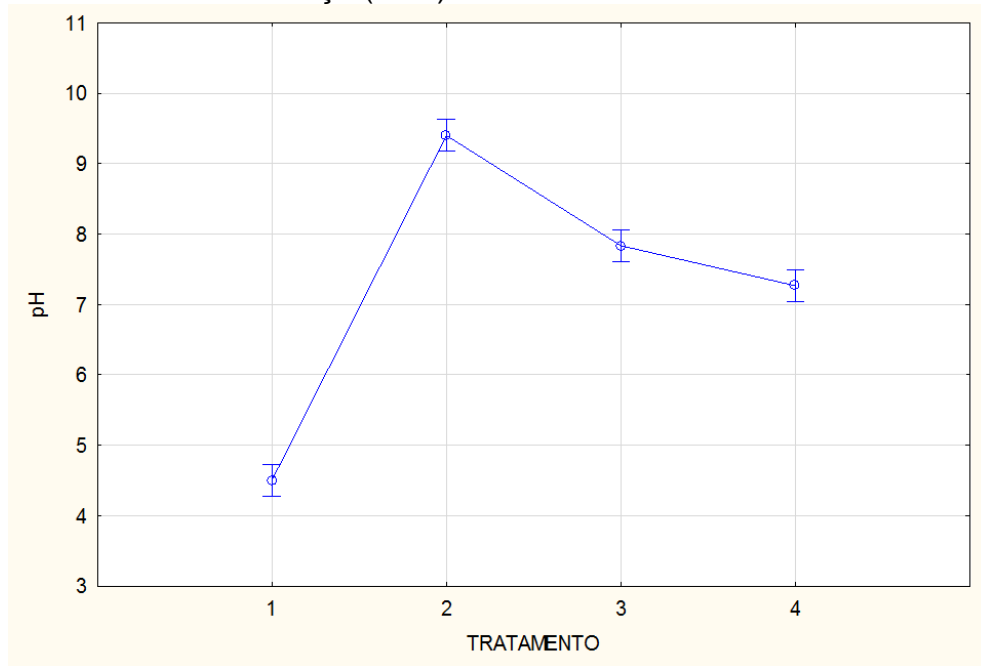
4.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH dos solos submetidos aos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) variaram entre 4,4, valor registrado para o T1, e 9,7 valor este registrado para o T2 (Tabela 6).

A análise estatística das médias indicou a existência de diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todos os tratamentos. Esta diferença é mais acentuada

entre o tratamento 1 (branco) e os demais aos quais foram adicionados os diferentes percentuais de areia reciclada (Figura 3).

Figura 3 - Variação dos valores pH nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



Fonte: Da autora.

Considerando a variação deste parâmetro entre os tratamentos, verifica-se que os valores mais baixos de pH estão associados ao T1, sendo registrado para este, o valor médio de 4,5(d.p.±0,1), correspondendo a um solo ácido; e os valores mais elevados de pH estão associados ao T2, que apresentou valor médio de 9,4(d.p.±0,3), correspondendo a um solo básico. Os tratamentos 3 e 4 apresentaram valores mais próximos ao pH neutro (pH=7,0), sendo registrados para estes tratamentos os valores médios 7,8(d.p.±0,1) e 7,2(d.p.±0,2), respectivamente (Figura 3).

Tabela 6 - Estatística descritiva dos ensaios de fertilidade básica dos solos submetidos aos diferentes tratamentos. Onde: T1 = branco; T2 = 50% de solo + 50% de areia reciclada; T3 = 75% de solo + 25% de areia reciclada; e T4 = 75% de solo + blend (22,5% de areia reciclada + 2,5% de gesso).

Tratamento 1	pH	SMP	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	%M.O	Al (cmolc/dm ³)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	%Textura	H+Al (cmolc/dm ³)	CTC _{pH7} (cmolc/dm ³)	CTC _{%Al}	CTC _{%V}	%S
Média	4,5	4,2	1,1	16,4	1,8	5,4	0,7	0,2	48,0	32,1	35,0	85,1	2,7	0,9
Erro padrão	0,1	0,1	0,4	1,1	0,1	0,3	0,1	0,0	1,0	1,9	2,4	0,8	0,4	0,1
Mediana	4,5	4,2	0,7	15,3	1,8	5,6	0,7	0,2	47,0	31,3	36,7	84,6	2,8	1,0
Desvio padrão	0,1	0,1	0,7	2,0	0,2	0,5	0,2	0,1	1,7	3,3	4,1	1,3	0,8	0,2
Variância da amostra	0,0	0,0	0,5	3,9	0,0	0,2	0,0	0,0	3,0	10,7	16,9	1,7	0,6	0,0
Intervalo	0,2	0,2	1,3	3,4	0,3	0,9	0,3	0,1	3,0	6,4	7,7	2,5	1,5	0,3
Mínimo	4,4	4,1	0,6	15,3	1,6	4,8	0,5	0,2	47,0	29,3	30,4	84,2	1,9	0,7
Máximo	4,6	4,3	1,9	18,7	1,9	5,7	0,8	0,3	50,0	35,7	38,0	86,7	3,5	1,1
Nível de confiança (95.0%)	0,2	0,2	1,8	4,9	0,4	1,2	0,4	0,1	4,3	8,1	10,2	3,3	1,9	0,4
Tratamento 2	pH	SMP	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	%M.O	Al (cmolc/dm ³)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	%Textura	H+Al (cmolc/dm ³)	CTC _{pH7} (cmolc/dm ³)	CTC _{%Al}	CTC _{%V}	%S
Média	9,4	8,6	1,2	117,9	1,1	0,0	15,6	0,2	20,7	0,2	16,4	0,0	98,6	16,1
Erro padrão	0,2	0,1	0,1	8,9	0,1	0,0	0,4	0,1	1,7	0,0	0,3	0,0	0,2	0,3
Mediana	9,3	8,6	1,2	119,0	1,1	0,0	15,3	0,1	19,0	0,2	16,3	0,0	98,7	16,0
Desvio padrão	0,3	0,3	0,1	15,3	0,2	0,0	0,7	0,2	2,9	0,1	0,6	0,0	0,3	0,6
Variância da amostra	0,1	0,1	0,0	235,1	0,0	0,0	0,4	0,0	8,3	0,0	0,3	0,0	0,1	0,3
Intervalo	0,5	0,5	0,2	30,6	0,3	0,0	1,2	0,3	5,0	0,1	1,1	0,0	0,6	1,1
Mínimo	9,2	8,3	1,1	102,0	0,9	0,0	15,2	0,1	19,0	0,2	15,8	0,0	98,2	15,6
Máximo	9,7	8,8	1,3	132,6	1,2	0,0	16,4	0,4	24,0	0,3	17,0	0,0	98,8	16,8
Nível de confiança (95.0%)	0,7	0,6	0,2	38,1	0,4	0,0	1,7	0,4	7,2	0,1	1,4	0,0	0,9	1,4

Tratamento 3	pH	SMP	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	%M.O	Al (cmolc/dm ³)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	%Textura	H+Al (cmolc/dm ³)	CTC_{pH7} (cmolc/dm ³)	CTC_{%Al}	CTC_{%V}	%S
Média	7,8	7,6	1,9	82,7	1,1	0,0	14,6	0,3	17,3	0,6	15,8	0,0	95,9	15,1
Erro padrão	0,1	0,1	0,3	3,2	0,0	0,0	0,6	0,1	4,7	0,1	0,6	0,0	0,5	0,6
Mediana	7,9	7,6	1,6	85,0	1,1	0,0	14,1	0,3	16,0	0,7	15,3	0,0	95,4	14,6
Desvio padrão	0,1	0,2	0,6	5,5	0,1	0,0	1,0	0,1	8,1	0,1	1,0	0,0	0,9	1,1
Variância da amostra	0,0	0,0	0,3	29,9	0,0	0,0	1,0	0,0	65,3	0,0	1,0	0,0	0,9	1,2
Intervalo	0,2	0,3	1,0	10,2	0,1	0,0	1,8	0,2	16,0	0,2	1,8	0,0	1,7	2,0
Mínimo	7,7	7,5	1,5	76,5	1,0	0,0	14,0	0,2	10,0	0,5	15,1	0,0	95,4	14,4
Máximo	7,9	7,8	2,5	86,7	1,1	0,0	15,8	0,4	26,0	0,7	16,9	0,0	97,0	16,4
Nível de confiança (95.0%)	0,3	0,4	1,4	13,6	0,1	0,0	2,5	0,2	20,1	0,3	2,4	0,0	2,3	2,7
Tratamento 4	pH	SMP	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	%M.O	Al (cmolc/dm ³)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	%Textura	H+Al (cmolc/dm ³)	CTC_{pH7} (cmolc/dm ³)	CTC_{%Al}	CTC_{%V}	%S
Média	7,3	7,6	2,1	71,4	1,2	0,0	33,7	0,3	16,7	0,7	34,9	0,0	97,9	34,2
Erro padrão	0,1	0,1	0,4	1,0	0,0	0,0	5,1	0,2	1,2	0,1	4,8	0,0	0,6	4,9
Mediana	7,3	7,7	1,9	71,4	1,2	0,0	31,1	0,4	16,0	0,6	32,3	0,0	98,1	31,7
Desvio padrão	0,2	0,2	0,7	1,7	0,1	0,0	8,8	0,3	2,1	0,2	8,4	0,0	1,0	8,5
Variância da amostra	0,0	0,1	0,5	2,9	0,0	0,0	76,6	0,1	4,3	0,0	70,0	0,0	0,9	72,0
Intervalo	0,3	0,4	1,3	3,4	0,1	0,0	16,9	0,5	4,0	0,3	16,1	0,0	1,9	16,4
Mínimo	7,1	7,3	1,6	69,7	1,1	0,0	26,6	0,0	15,0	0,6	28,2	0,0	96,8	27,3
Máximo	7,4	7,7	2,9	73,1	1,2	0,0	43,5	0,5	19,0	0,9	44,3	0,0	98,7	43,7
Nível de confiança (95.0%)	0,4	0,6	1,7	4,2	0,1	0,0	21,7	0,7	5,2	0,4	20,8	0,0	2,4	21,1

Fonte: Da autora.

4.2.2 Índice SMP

O valor atribuído a este parâmetro de fertilidade básica, está relacionado à quantidade de calcário necessária para a correção da acidez do solo (CQFS-RS/SC, 2004). Os valores de SMP dos solos submetidos aos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) variaram entre 4,1, valor registrado para o T1, e 8,8, valor este registrado para o T2 (Tabela 6).

A ANOVA indicou que existem diferenças estatísticas entre os tratamentos apresentando um valor de $p < 0,05$. O teste Tukey demonstrou a existência significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos T1/T2, T1/T3, T1/T4, T2/T3, T2/T4, já para o tratamento T3/T4 não demonstrou existência significativa entre os dois tratamentos (Tabela 7).

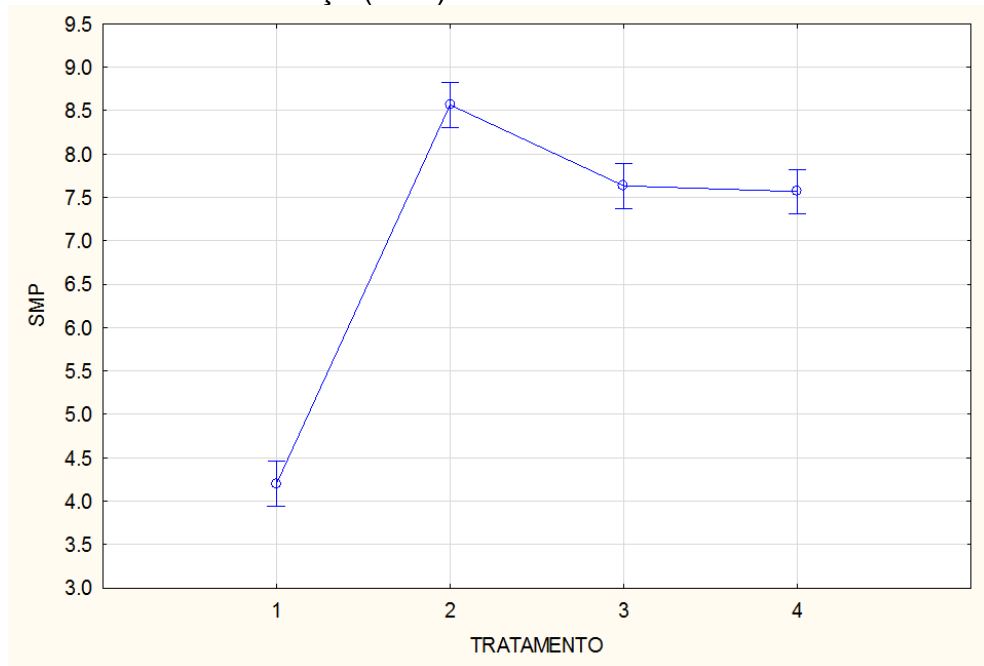
Tabela 7 - Valores de p obtidos a partir da comparação das concentrações médias referentes ao índice SMP registrado nos quatro tratamentos.

Tukey – variações de SMP				
	T1	T2	T3	T4
T1	-	-	-	-
T2	0,000231	-	-	-
T3	0,000231	0,001771	-	-
T4	0,000231	0,001188	0,973244	-

Fonte: Da autora.

Considerando a variação deste parâmetro entre os tratamentos, verifica-se que os valores mais baixos de SMP estão associados ao T1, sendo registrado para este, o valor médio de 4,2(d.p.±0,1); e os valores mais elevados de SMP estão associados ao T2, que apresentou valor médio de 8,6(d.p.±0,3). Os tratamentos 3 e 4 apresentaram valores médios iguais a 7,6(d.p.±0,2) (Figura 4)

Figura 4 - Variação dos valores SMP nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



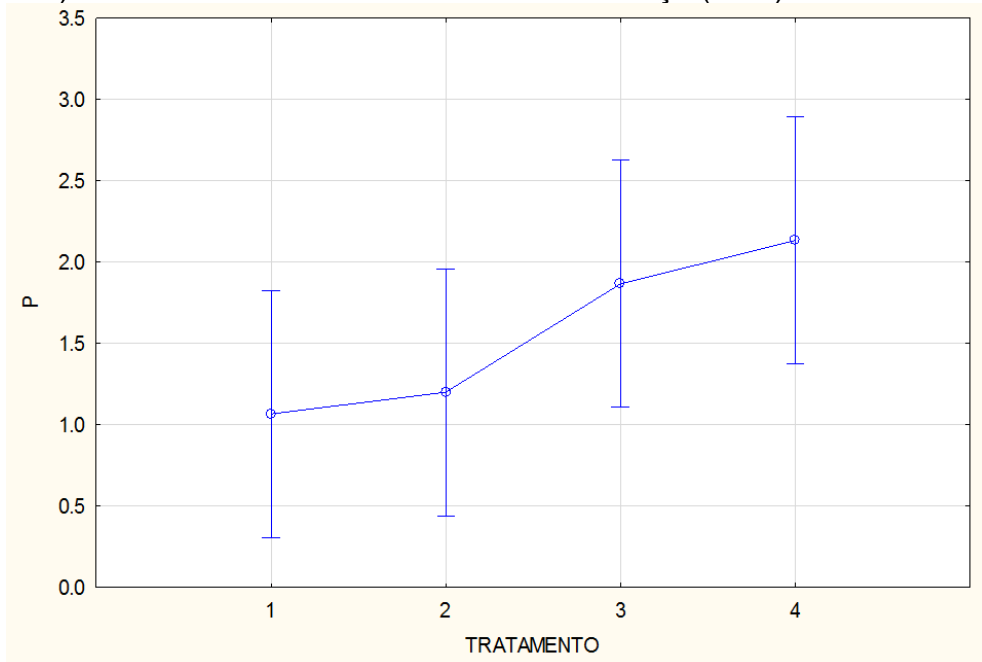
Fonte: Da autora.

Em solos pouco tamponados, o índice SMP pode subestimar a necessidade de calcário. Nesses casos, esta pode ser calculada pelos teores de matéria orgânica e de alumínio trocável do solo (CQFS-RS/SC, 2004).

4.2.3 Fósforo (P)

Os valores de fósforo nos solos submetidos aos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) variaram entre 1,1mg/dm³(d.p.±0,7), valor registrado para o T1, e 2,1mg/dm³(d.p.±0,7) valor este registrado para o T4 (Tabela 6). A análise estatística das médias não indicou a existência de diferenças significativas ($p > 0,05$) entre todos os tratamentos (Figura 5).

Figura 5 - Variação da concentração (mg/dm^3) de fósforo (P) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



Fonte: Da autora.

O teor de fósforo é considerado muito baixo de acordo com CQFS-RS/SC (2004), esse baixo teor é caracterizado pelo médio teor de argila e, em consequência, teores elevados de alumínio que insolubilizam o fósforo. O autor considera os teores de argila: classe 1 = > 60% (alto teor); classe 2 = 60 a 41% (médio teor); classe 3 = 40 a 21% (baixo teor); classe 4 = ≤ 20% (teor muito baixo). Segundo a classificação do autor acima citado, o T1 possui um teor argiloso médio, já os tratamentos T2, T3 e T4 possuem um teor muito baixo.

4.2.4 Potássio (K)

Os valores médios de potássio (K) variaram entre $16,4\text{mg}/\text{dm}^3$ (d.p.±2,0) (T1) e $117,2\text{mg}/\text{dm}^3$ (d.p.±15,3) (T2), considerados muito baixo e alto, respectivamente, pela CQFS-RS/SC (2004) (Tabela 6).

O teste ANOVA indicou que existem diferenças estatísticas entre os tratamentos apresentando um valor de $p < 0,05$. O teste Tukey demonstrou a existência significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) exceto para o tratamento T3/T4 (Tabela 8).

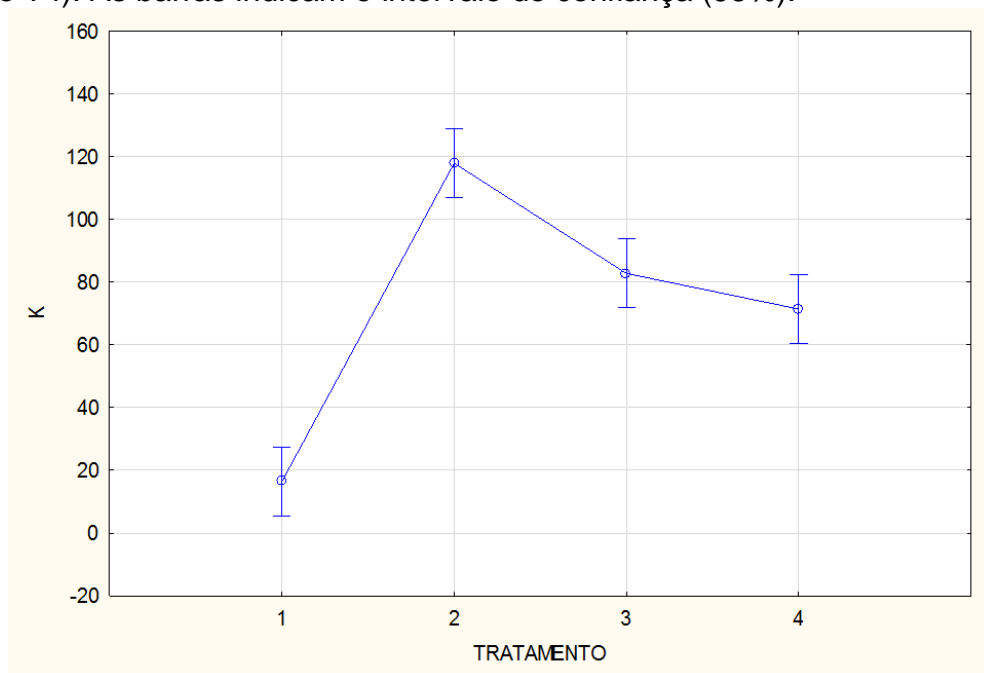
Tabela 8 - Valores de p obtidos a partir da comparação das concentrações médias referentes ao K registrado nos quatro tratamentos.

Tukey – variações de K				
	T1	T2	T3	T4
T1	-	-	-	-
T2	0,000231	-	-	-
T3	0,000252	0,003677	-	-
T4	0,000365	0,000740	0,390258	-

Fonte: Da autora.

A Figura 6 apresenta a comparação do comportamento do potássio nos tratamentos. De acordo com CQFS-RS/SC (2004), considerando CTC_{pH7} , o teor de potássio no T1 é muito baixo, no T2 o teor de potássio é alto, já no T3 e T4 os teores de potássio é considerado médio. A (Figura 6) apresenta a análise estatística descritiva do teor de fósforo para cada tratamento.

Figura 6 - Variação da concentração (mg/dm^3) de potássio (K) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).

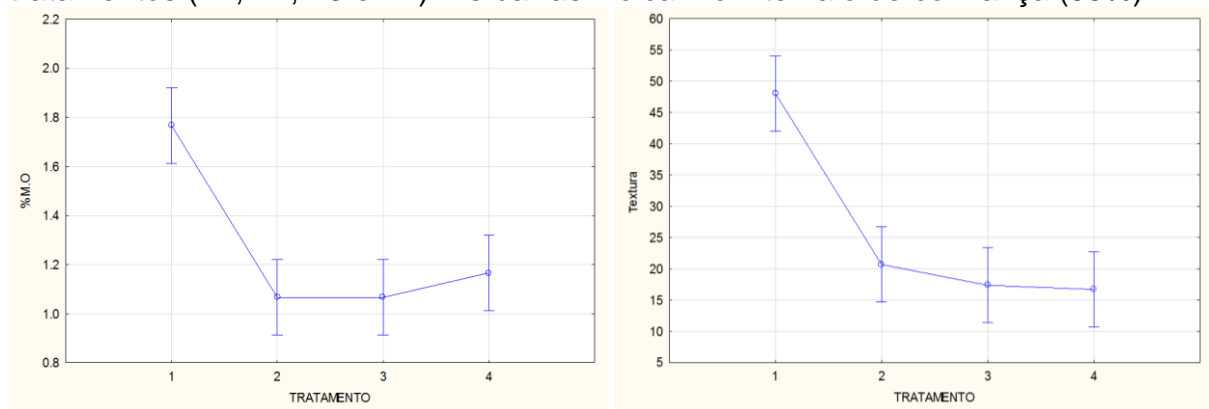


Fonte: Da autora.

4.2.5 Matéria orgânica (M.O) e textura

O teste ANOVA indicou que existem diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os tratamentos para o percentual de matéria orgânica e para o percentual de argila (textura). O teste Tukey demonstrou a existência significativas entres os tratamentos %M.O ($p < 0,05$) para T1/T2, T1/T3, T1/T4, porém para os tratamentos T2/T3, T2/T4, T3/T4 não existe uma existência significativa (Figura 7).

Figura 7 - Variação dos teores de matéria orgânica (%M.O.) e argila (textura) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



Fonte: Da autora.

A adição dos percentuais de areia reciclada, material ausente de matéria orgânica na matriz do solo, acarretou na diluição da matéria orgânica (Figura 7). Para o percentual de matéria orgânica (M.O%), o valor mais baixo está associado aos tratamentos 2 e 3 que apresentaram o valor médio de 1,1%(d.p.±0,03), o valor mais elevado do percentual de matéria orgânica está associado ao tratamento 1, que apresentou valor médio 1,8%(d.p.±0,1), já o tratamento 4, apresentou um valor médio de 1,2%(d.p.±0,03).

Já para a textura, verifica-se que os valores mais baixos estão relacionados aos tratamentos 3 e 4, registrados para estes tratamentos os valores médios 17,3%(d.p.±4,7) e 16,7%(d.p.±1,2), respectivamente, o valor mais elevado da textura está associada ao T1, apresentou valor médio 48%(d.p.±1,0), para o T2, o valor médio 20,7%(d.p.±1,7). Entre todos os tratamentos o valor mínimo apresentado é 10%(d.p.±4,7) e o valor máximo 50%(d.p.±1,0).

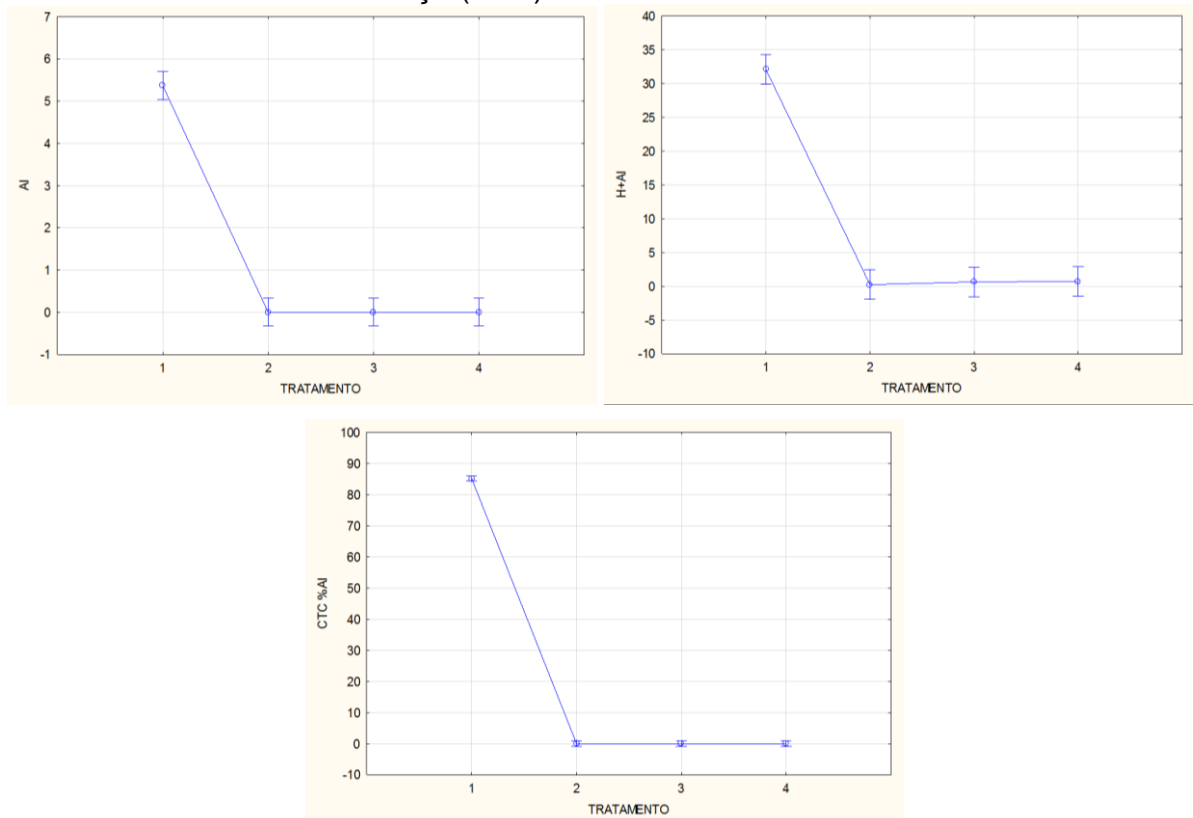
4.2.6 Alumínio (Al), acidez (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC_{Al})

Não foram registradas concentrações de alumínio nos tratamentos 2, 3 e 4 (Tabela 6). No tratamento 1, foram registradas concentrações de alumínio (Al) variando entre 4,8cmolc/dm³ e 5,7cmolc/dm³, com um valor médio de 5,4±0,3cmolc/dm³. Comportamento semelhante foi observado para a capacidade de troca catiônica (CTC_{Al}), sendo este parâmetro registrado apenas para o tratamento 1, variando entre 84,2% e 86,6%, com valor médio de 85,1%(d.p.±0,8).

Em relação a acidez potencial (H+Al), os solos submetidos aos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4), variam entre 0,2cmolc/dm³ para o tratamento 2 e 35,7cmolc/dm³ para o tratamento 1.

A ANOVA indicou diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p < 0,05$), quando submetidas ao teste Tukey, observa-se essa diferença entre o tratamento 1 e os demais (Figura 8).

Figura 8 - Variação da concentração (cmolc/dm³) de alumínio (Al), acidez (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC_{Al}) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



Fonte: Da autora.

A elevada concentração de alumínio (Al), acidez (H+Al) e capacidade de troca catiônica (CTC_{Al}) no tratamento 1, encontra-se relacionada ao pH ácido do solo registrado para este. Os demais tratamentos apresentaram valores de pH na faixa do neutro e do básico, não propiciando as condições necessárias para a acidificação do solo.

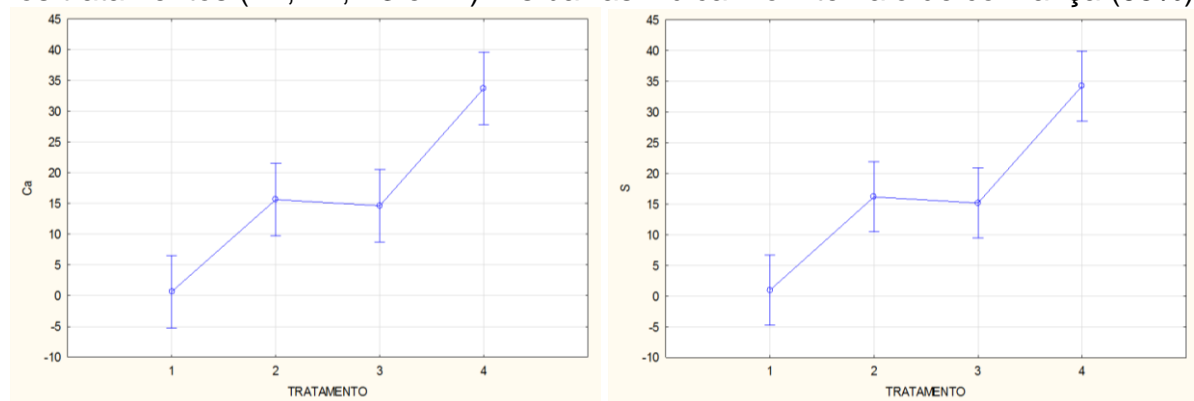
Como o alumínio trocável é um dos principais componentes relacionados à acidez dos solos, deve-se ter a maior preocupação em corrigir essa acidez potencial, sendo essa considerada a mais prejudicial ao crescimento da maioria das plantas (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

4.2.7 Cálcio (Ca) e soma de bases (S)

Os valores de cálcio (Ca) dos solos submetidos aos diferentes tratamentos 1, 2, 3 e 4, variam entre 0,5cmolc/dm³, valor registrado para o T1, e 43,5cmolc/dm³ valor este registrado para o T4 (Tabela 6). Comportamento semelhante foi observado para a soma de bases (S), valores variando entre 0,74% registrado para o T1 e 43,7% para o T4 (Tabela 6).

A análise estatística dos parâmetros cálcio (Ca) e soma de bases (S) indicou a existência de diferenças significativas das médias ($p < 0,05$) entre todos os tratamentos. O teste Tukey demonstrou a existência significativa das concentrações médias entres os tratamentos ($p < 0,05$) com exceção em ambos os parâmetros para os tratamentos 2 e 3, que apresentou ($p > 0,05$) (Figura 9).

Figura 9 - Variação da concentração (cmolc/dm³) de cálcio (Ca) e soma de bases (S) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



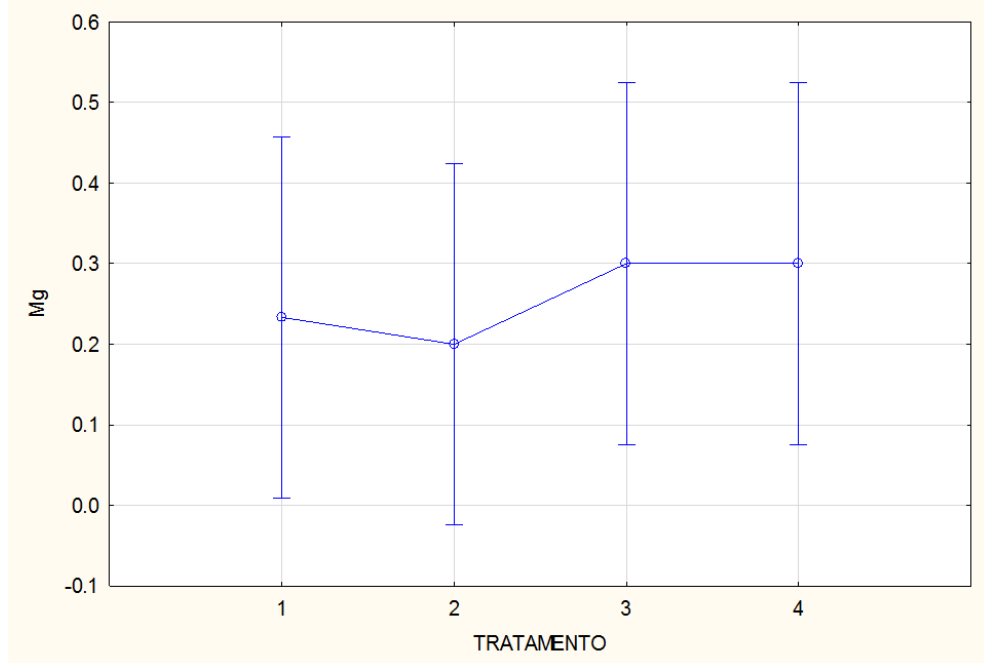
Fonte: Da autora.

Analisando a Figura 9, e de acordo com a classificação de CQFS-RS/SC (2004), os teores de cálcio trocáveis é baixo no T1 apresentou teores ($\leq 2,0 \text{ cmolc/dm}^3$), já nos tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram teores superiores a ($> 4,0 \text{ cmolc/dm}^3$), sendo assim, considerado alto teor de cálcio trocáveis.

4.2.8 Magnésio (Mg)

Os valores de magnésio nos solos submetidos aos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) variaram entre $0,2 \text{ cmolc/dm}^3$ (d.p. $\pm 0,1$), valor registrado para os tratamentos 1 e 2, e $0,3 \text{ cmolc/dm}^3$ (d.p. $\pm 0,1$) valor este registrado para os tratamentos 3 e 4 (Tabela 6). A análise estatística mostrou que não existem diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 10).

Figura 10 - Variação da concentração (cmolc/dm^3) de magnésio (Mg) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



Fonte: Da autora.

De acordo com a Figura 10 e classificação da CQFS-RS/SC (2004), os teores de magnésio trocáveis é baixo em todos os tratamentos, uma vez que apresentou teores ($\leq 0,5 \text{ cmolc/dm}^3$), ou seja, são considerados deficientes para o desenvolvimento de culturas. O magnésio, é um nutriente geralmente determinado

em menor teor que o cálcio nos solos ácidos no Estado de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004).

4.2.9 Parâmetro capacidade de troca catiônica (CTC_{pH7}, CTC_{%V})

O percentual de soma de bases (CTC_{%V}) reflete quanto por cento dos pontos de troca de cátions potencial do solo estão ocupados por bases, ou seja, quanto por cento das cargas negativas, passível de troca a pH 7,0, estão ocupados por Ca, Mg, K e, às vezes, Na, em comparação com aqueles ocupados por H e Al (LOPES; GUILHERME, 2004).

O teste ANOVA indicou que existem diferenças estatísticas entre os tratamentos para a capacidade de troca catiônica (CTC_{pH7}) e (CTC_{%V}) apresentando um valor de ($p < 0,05$). Entre os tratamentos, o teste Tukey indicou a existência de diferenças significativas entre todos os tratamentos com exceção dos tratamentos T1/T4 e T2/T3 para os valores de CTC_{pH7}; e T2/T4, T3/T4 para os valores de CTC_{%V} (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores de p obtidos a partir da comparação das concentrações médias referentes a capacidade de troca catiônica registrado nos quatro tratamentos.

Tukey – variações de CTC _{pH7}				
	T1	T2	T3	T4
T1				
T2	0.005551			
T3	0.004620	0.998614		
T4	0.999987	0.005777	0.004803	
Tukey – variações de CTC _{%V}				
	T1	T2	T3	T4
T1				
T2	0.000231			
T3	0.000231	0.014490		
T4	0.000231	0.686510	0.067806	

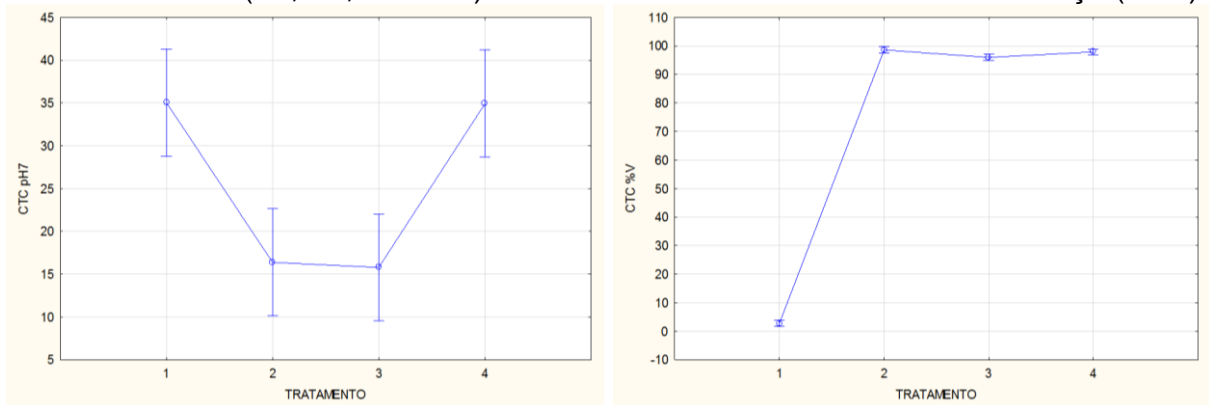
Fonte: Da autora.

Os valores da capacidade de troca catiônica CTC_{pH7} dos solos submetidos aos diferentes tratamentos 1, 2, 3 e 4, verifica-se que o valor mais baixo

do CTC_{pH7} está associado ao T3, sendo registrado para este valor médio $15,8\text{cmolc/dm}^3(\text{d.p.}\pm 0,6)$, o valor mais elevado do CTC_{pH7} está associado ao T1, que apresentou valor médio $35,0\text{cmolc/dm}^3(\text{d.p.}\pm 2,4)$.

Conforme a classificação de CQFS-RS/SC (2004), a capacidade de troca catiônica em pH7 é alto em todos os tratamentos, uma vez que apresentou teores (faixa $>15,0$). Este alto teor se deve a alta atividade da argila do solo utilizado nos tratamentos. O comportamento do CTC_{pH7} pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 - Variação dos valores de capacidade de troca catiônica (CTC_{pH7} e $CTC_{\%V}$) nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).



Fonte: Da autora.

Os valores da saturação por bases $CTC_{\%V}$ dos solos submetidos aos diferentes tratamentos 1, 2, 3 e 4, verifica-se que os valores mais baixos do $CTC_{\%V}$ está associado ao T1, sendo registrado para este valor médio $2,7\pm 0,4\%$, os valores mais elevados do $CTC_{\%V}$ está associado ao T2, que apresentou valor médio $98,6\pm 0,2\%$

De acordo com Lopes e Guilherme (2004), um solo é considerado fértil ($V\%>50$), sendo assim, conforme a (Tabela 6) o tratamento T1 apresentou uma média para ($V\%=2,74$) dessa forma esse solo não é considerado fértil, já para os demais tratamentos T2, T3 e T4 apresentou valores ($V\%>50$), considerando assim, um solo fértil. A Figura 11, apresenta o comportamento da saturação de bases.

4.3 A UTILIZAÇÃO DO RCD COMO CORRETIVO PARA A ACIDEZ

Com base nos dados apresentados, pode-se considerar que a quantidade da areia reciclada adicionada nos tratamentos é alta, tendo em vista, a faixa de pH resultante no tratamento 2. A literatura aponta que acima do valor de pH (referência) as culturas não respondem a calagem, comprometendo assim seu desenvolvimento, muitas culturas desenvolvem na faixa de pH entre 6,5 a 7,0, ou seja, pH considerado levemente ácido a neutro.

Desta forma, tendo em vista os resultados aqui obtidos, pode-se considerar a viabilidade da utilização da areia reciclada como corretivo para a acidez dos solos. No entanto, faz-se necessário a realização de outros estudos afim de comprovar a viabilidade econômica e aferir o volume necessário a ser empregado em cada tipo de solo.

Para a determinação da necessidade de calcário são considerados, a neutralização do Al trocável e elevação de Ca e Mg, elevação da saturação por bases e SMP. O cálculo deve considerar a necessidade de neutralizante em toneladas por hectare, fator de profundidade do solo e o PRNT do neutralizante. Assim, para a utilização da areia reciclada como corretivo da acidez, sugere-se estudos e análises para conhecer seu poder relativo de neutralização total (PRNT). A composição das frações de areia reciclada é um fator importante a ser considerado durante a recomendação da calagem, tendo em vista que os materiais com granulometria mais fina permitem que a areia reciclada seja mais eficiente no processo de correção de acidez.

5 CONCLUSÃO

A indústria da construção civil de forma direta ou indireta contribui com a exploração de recursos naturais para obtenção de insumos acarretando ainda a geração de volumes significativos de resíduos sólidos. Um fator que possa contribuir com a diminuição da geração desses resíduos, talvez seja com o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Com adesão de medidas por meio de uma gestão ambiental adequada, com práticas de treinamentos nos canteiros de obras, que possam disseminar e sensibilizar o desenvolvimento da conscientização ambiental nos atores envolvidos, como por exemplo, evitar desperdícios dos insumos, realizar de forma adequada a separação dos resíduos ainda na obra. Dessa forma, a geração significativa de resíduos pode ser reduzida, e por meio da reciclagem tem-se novos produtos que retornam ao mercado, tanto para o setor da construção civil, como para outros setores, como, a inclusão de areia reciclada como corretivo para acidez do solo.

O trabalho em questão, buscou analisar a viabilidade técnica do reuso da areia reciclada provenientes da construção civil, como material para correção da acidez de solos. A definição e caracterização dos materiais, serviu para conhecer os materiais reciclados da construção civil quanto à sua composição físico-química. No delineamento experimental, foi possível avaliar o potencial neutralizante dos materiais reciclados provenientes dos resíduos de construção e demolição (RCD). Nas análises estatísticas e interpretação de dados foi possível averiguar a eficiência das diferentes concentrações da areia reciclada na correção da acidez do solo.

A literatura aponta o pH do solo de referência da cultura como o um critério fundamental para recomendação de calagem. De forma geral, a maioria forrageiras tem como solos ótimos para o seu desenvolvimento, aqueles com pH com valor entorno 5,5. Acima deste valor, as culturas não respondem de forma positiva à calagem. Desta forma, considerando os percentuais de areia reciclada adicionados aos tratamentos 2, 3 e 4 apresentaram uma concentração elevada, pois o pH do solo apresentou uma alcalinidade acima do necessário para o desenvolvimento de culturas. Sendo assim, considerando um solo com pH entre 4 a 5, com um percentual de 50% argiloso, pode-se considerar a incorporação abaixo de

25% de areia reciclada que já seriam suficientes para corrigir o pH desse solo. Essa dose representa $750\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de areia reciclada para um solo com 30cm de profundidade.

De forma geral o presente estudo compreendeu uma abordagem preliminar acerca da utilização da areia reciclada como corretivo para a acidez dos solos agrícolas da região sul catarinense. No entanto, são necessários estudos mais detalhados acerca desta temática, envolvendo novos experimentos, que incluam novas diluições além de aspectos econômicos e avaliação do potencial relativo de neutralização total (PRNT).

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: 2004. 71 p.

ABRECON - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Relatório:** Pesquisa Setorial 2014/2015. São Paulo: Abrecon, 2015. 26 p. Disponível em: <http://www.abrecon.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ABRECON - Associação Brasileira Para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Entulho:** Mercado. 2016. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/mercado/>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da Acidez dos Solos:** Características e Interpretações Técnicas. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (Boletim Técnico N°6).

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os Adubos e a Eficiência das Adubações.** 3. ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35 p. (Boletim Técnico N°3).

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. In: Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil: Práticas Recomendadas, 4. 2001, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: IBRACON CT206 – Meio Ambiente, 2001. p. 43 - 56.

BERNARDES, A. et al. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 8, n. 3, p.65-76, jul. /Out. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n2/08.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010a. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm >. Acessado em: 02 fev. 2017.

BRASIL. REPUBLICA FEDERATIVA DO. Decreto nº 7404, de 23 de dezembro de 2010b. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União DOU:** Brasília, DF: Imprensa Oficial. 23 dez. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 02 fev. 2017

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002.** 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos

resíduos da construção civil. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 02 fev. 2017

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 431, de 24 de maio de 2011**. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. de V. (Ed.). **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza: SINDUSCON-CE, 2011. 43 p. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-de-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

CANUT, M. M. C. **ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DO RESÍDUO FOSFOGESSO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO**. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS-6X6R77/disserta__o_final1.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 abr. 2017.

CQFS-RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004.

GAEDE, L. P. F. **Gestão dos resíduos da construção civil no Município de Vitória – ES e normas existentes**. 74 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Belo Horizonte, 2008. Disponível em <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/Monografia%20Lia%20-%20%20final.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002. 175 p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Insumos para revisão do Plano Diretor do município de Criciúma. Volume 1: Estudos de mapas temáticos, levantamentos de dados e pesquisas gerais**. (Relatório Técnico). Criciúma. 237p.

IPNI – INTERNACIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **MANUAL INTERNACIONAL DE FERTILIDADE DO SOLO**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p. Disponível em:
<[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/\\$FILE/Manual Internacional de Fertilidade do Solo.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2017.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 177p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação da Análise do Solo**: Conceitos e aplicações. Boletim Técnico N°2. São Paulo: ANDA, 2004. 51p.

LOPES, A. S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**: Boletim Técnico N° 1. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1991. 22 p.

MAIA, A. L. et al. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil**: PGIRCC. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2009. 44 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/construocivil.pdf>. Acesso em: 21 out. 2016.

MARINHO, J. L. A.; SILVA, J. D. da. Gerenciamento dos Resíduos da Construção e Demolição: Diretrizes Para o Crescimento Sustentável da Construção Civil na Região Metropolitana do Cariri Cearense. **E-tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 5, n. 1, p.102-119, 2012. Disponível em: <<http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/viewFile/260/243>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D.. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p.57-71, jan./mar. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/7183/4909>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

MIRANDA, L. F. R.; TORRES, L.; VOGT, V.; BROCARD, F. L. M.; BARTOLI, H.. Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16. 21 a 23 Set. 2016, São Paulo. **Anais...** .Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 4247 - 4267. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_708.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2017.

PADOVANI, C. R.. **Delimitação de experimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2014. 128 p.

PINTO, T. de P.. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 190 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tarcisio_P_Pinto_-_Metodologia_para_gestao_diferenciada_de_RCD.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

ROSA, F. R. da; GUADAGNIN, M. R. Caracterização e Mapeamento de Locais de Eliminação de Resíduos de Construção Civil e Demolição na Região da AMREC,

Santa Catarina. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 8., 2012, Porto Alegre. **Anais...** . Porto Alegre: ABES, 2012. p. 1-17.

SILVA, N. M. da et al. Desafios da gestão dos resíduos sólidos na Amazônia brasileira. In: AMARO, Aurélio Bandeira; VERDUM, Roberto (Org.). **Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas interfaces com o espaço geográfico: entre conquistas e desafios**. Porto Alegre: Letra 1, 2016. p. 81-89. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilhas/politica_nacional_de_residuos_solidos_e_suas_interfaces_com_o_espaco_geografico_-_entre_conquistas_e_desafios.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2017.

STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, P. **Resíduos: como lidar com recursos naturais**. São Leopoldo, RS: Oikos, UPAN, 2008. 220 p.

ULSEN, C.; KAHN, H.; ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 2, p. 339-346, abr. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672010000200019&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ANEXO(S)