



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

VICTOR VIANA VASQUES

**RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE CALCÁRIO LAMINADO NA MELHORIA DA
FERTILIDADE DO SOLO, NO DESENVOLVIMENTO E NA NUTRIÇÃO DE
PLANTAS**

FORTALEZA

2019

VICTOR VIANA VASQUES

RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE CALCÁRIO LAMINADO NA MELHORIA DA
FERTILIDADE DO SOLO, NO DESENVOLVIMENTO E NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Magini

Coorientador: Prof. Dr. Julius Blum.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V462r Vasques, Victor Viana.

Resíduo da mineração de calcário laminado na melhoria da fertilidade do solo, no desenvolvimento e na nutrição de plantas / Victor Viana Vasques. – 2019.
77 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Christiano Magini.

Coorientação: Prof. Dr. Julius Blum.

1. Calcário. 2. Resíduo. 3. Pedra Cariri. 4. Calagem. I. Título.

CDD 572

VICTOR VIANA VASQUES

RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE CALCÁRIO LAMINADO NA MELHORIA DA
FERTILIDADE DO SOLO, NO DESENVOLVIMENTO E NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Magini

Coorientador: Prof. Dr. Julius Blum.

Aprovada em: 30/11/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Christiano Magini (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Julius Blum (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal
Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)

AGRADECIMENTOS

Sou grato a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização dessa dissertação.

Agradeço primeiramente à minha família por todo o apoio dado à minha formação acadêmica e, principalmente, pela formação do meu caráter.

Agradeço à Larissa Matos Marinho por todo o companheirismo durante várias etapas da vida e pelas diversas contribuições à pesquisa.

Aos professores Christiano Magini e Julius Blum, pelas excelentes orientações e pelos estímulos dados durante o desenvolvimento da pesquisa, onde me deram liberdade para expor minhas ideias, contribuindo para o meu desenvolvimento acadêmico.

À professora Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro e ao Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal por aceitarem compor a banca de defesa da dissertação e pelas contribuições fornecidas.

Aos amigos que fazem parte do Grupo de Estudos e Práticas em Permacultura – GEPPE por todo o apoio e compartilhamento de ideias desde o início da pesquisa, por ajudarem nos trabalhos braçais e por cederem parte do espaço do grupo para desenvolvimento da pesquisa.

Ao amigo Henrique Sampaio de Castro pelas imagens aéreas de drone e pelo incentivo à pesquisa.

À CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O calcário laminado que compõe a estratigrafia da Bacia do Araripe, pertencente ao Membro Crato da Formação Santana, é comercialmente conhecido por Pedra Cariri e vem sendo explorado há mais de 70 anos como rocha ornamental. No município de Nova Olinda, um dos maiores produtores do estado, essa exploração vem causando uma série de impactos ambientais devido à geração e estoque de altas quantidades de resíduos na localidade. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a possibilidade de utilização do pó do resíduo da Pedra Cariri no processo de calagem, onde, para isso, avaliou-se os efeitos da incorporação desse calcário na fertilidade do solo e no desenvolvimento, nutrição e produtividade de plantas cultivadas nesse solo. O experimento ocorreu em duas fases: na primeira houve calagem em vasos e cultivo de mudas de alface; na segunda etapa houve calagem em área aberta e cultivo de feijão. Os tratamentos (T) consistiram de: controle, ou sem aplicação do calcário (T1); 50% (T2), 100% (T3) e 200% (T4) da dose recomendada, e na primeira fase do experimento ainda houve um tratamento (T5) com aplicação de calcário comercial para fins comparativos. Foram cultivados alface cv Lucy Brown e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), variedade crioula. O resíduo da Pedra Cariri apresentou potencial de uso pois, nos dois experimentos, foi eficiente na correção da acidez do solo, elevando o pH e reduzindo os teores de acidez trocável, acidez potencial e percentagem de saturação por alumínio. No primeiro experimento a calagem ainda ocasionou elevação nos teores de Ca e na saturação por bases do solo. No segundo experimento, a calagem ocasionou variações nos teores de potássio, magnésio, enxofre, ferro e manganês no tecido vegetal dos feijões. Não houve efeito das calagens realizadas sobre o desenvolvimento da alface e nem na produtividade do feijão. Não foi detectado nenhum sintoma de toxidez ou deficiência de nutrientes nas plantas.

Palavras-chave: Calcário. Resíduo. Pedra Cariri. Calagem.

ABSTRACT

The laminated limestone that composes the stratigraphy of the Araripe Basin, belonging to the Crato Member of the Santana Formation, is commercially known as Pedra Cariri and has been explored for more than 70 years as ornamental rock. In the municipality of Nova Olinda - CE, one of the state's largest producers, this exploration has caused a series of environmental impacts due to the high generation and stock of high amounts of residues in the locality. The objective of this research was to evaluate the possibility of using Pedra Cariri residues powder in the liming process, where it was evaluated the effects of the incorporation of this limestone on soil fertility and the development, nutrition and productivity of cultivated plants on this ground. The experiment took place in two phases: in the first one there was liming in pots and cultivation of lettuce seedlings; in the second stage there was liming in open area and bean cultivation. The treatments (T) consisted of: control, or without application of limestone (T1); 50% (T2), 100% (T3) and 200% (T4) of the recommended dose, and in the first phase of the experiment there was still a treatment (T5) with application of commercial limestone for comparative purposes. Were cultivated lettuce cv Lucy Brown and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) crioula range. The Pedra Cariri residue presented potential for use because, in both experiments, it was efficient in the correction of soil acidity, raising the pH and reducing the exchangeable acidity, potential acidity and percentage of saturation by aluminum. In the first experiment, liming still caused an increase in Ca contents and soil saturation. In the second experiment, liming caused changes in the potassium, magnesium, sulfur, iron and manganese contents in the plant tissue of the beans. There was no effect of liming on lettuce development or on bean productivity. No toxicity or nutrient deficiency symptoms were detected in plants.

Keywords: Limestone. Residue. Cariri Stone. Liming.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Problemática	9
1.2	Apresentação	10
1.3	Objetivo	11
1.4	Localização da área de mineração	11
2	CONTEXTO GEOLÓGICO	13
2.1	Bacia do Araripe	13
3	ASPECTOS AMBIENTAIS	20
3.1	Concentração do Resíduo	22
4	ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM	24
4.1	Propriedades corretivas dos calcários	26
4.1.1	<i>Poder de Neutralização</i>	26
4.1.2	<i>Reatividade</i>	26
4.1.3	<i>Poder Relativo de Neutralização Total</i>	27
5	USO DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE CALCÁRIO ORNAMENTAL PARA A CORREÇÃO DE ACIDEZ DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS	28
6	REJEITO DA MINERAÇÃO DE CALCÁRIO LAMINADO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E NA NUTRIÇÃO DO FEIJOEIRO	46
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problemática

No estado do Ceará as atividades de mineração do calcário laminado, comercialmente conhecido no setor de rochas ornamentais e de revestimento com o nome de Pedra Cariri, estão inseridas no município de Nova Olinda, o principal produtor do estado juntamente com o município de Santana do Cariri (VIDAL *et al.*, 2005). Juntos, esses municípios são responsáveis por cerca de 15% da produção de rochas ornamentais e de revestimentos do estado do Ceará, sendo essa a principal atividade econômica destes municípios, já que a pecuária e agricultura tem apenas um caráter de subsistência (VIDAL, 2010).

O calcário começou a ser extraído na região na década de 1940, a partir da exploração de gipsita. A partir de 1970 começou efetivamente sua exploração comercial. De 1980 a 1990, houve incremento da produção, acompanhada do crescimento do setor de rochas ornamentais (CASTRO; MELLO; VIDAL, 2009). Foi observado a partir do ano de 2006, um acréscimo considerável na escala de produção desse material rochoso (VIDAL, 2010).

Até recentemente, no entanto, todas as etapas da cadeia produtiva eram realizadas de forma precária. A lavra era bastante rudimentar, sem utilização de técnicas adequadas, o que resultava no acúmulo de pilhas de resíduos e em diversos impactos, além de desperdício de material (VIDAL; PADILHA; OLIVEIRA, 2005). O fato da grande maioria dos produtores não dispor de nenhum tipo de mecanização, aliado a fatores como a estratificação em camadas de espessura variável e separadas por planos de descontinuidade, contribuiu para a geração de um grande passivo ambiental ao longo de todo este tempo, na região (VIDAL *et al.*, 2007).

O empirismo generalizado em toda a cadeia produtiva, desde a lavra até o beneficiamento do calcário laminado, segundo CETEM (2005), resulta numa perda estimada de 70% de material ao final de todo o processo, podendo atingir até 90% se contabilizado o grande volume de material de cobertura ou volumes superficiais sem qualidade para atender ao uso como revestimento. Um trabalho de quantificação dos rejeitos da Pedra Cariri (CETEM, 2005) concluiu que o volume contido nas pilhas de rejeitos das pedreiras totaliza 1.030.000 m³, correspondendo a 2,4 milhões de toneladas.

Na tentativa de diagnosticar os problemas da cadeia produtiva de calcário laminado na região e propor soluções, em 2003, técnicos do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e da Companhia de Desenvolvimento do Estado do Ceará (CODECE) visitaram as pedreiras locais. Dentre os problemas levantados, podem-se citar: mineração em áreas não legalizadas; falta de

licenciamento ambiental; falta de informações sobre as possibilidades de uso industrial do minério e dos resíduos estocados; lavra conduzida sem técnicas e seguranças adequadas com baixa recuperação; perdas elevadas no beneficiamento; ocorrências fossilíferas dentro da unidade onde era extraído o calcário; frentes de lavras abandonadas; baixa diversificação e qualidade do produto final; baixo preço do produto por falta de refino no beneficiamento; carência de infraestrutura (água, energia elétrica, vias de acesso *etc.*); pouca interatividade entre os mineradores, dificultando a formação de cooperativas (SDLRCE, 2011).

Os principais problemas ambientais estão relacionados à retirada do capeamento de estéril, em muitos casos espesso; às pilhas de resíduos provenientes da lavra e os resíduos sólidos do beneficiamento; à erosão das encostas e áreas desmatadas; e ao assoreamento de riachos e do rio Cariús, principal rio da região (CASTRO, CAMPOS & VIDAL, 2007).

1.2 Apresentação

O aproveitamento dos resíduos industriais para uso como material alternativo não é novo e tem dado certo em vários países do Primeiro Mundo, sendo três as principais razões que motivam os países a reciclar seus resíduos industriais: primeiro, o esgotamento das reservas de matéria prima confiáveis; segundo, o crescente volume de resíduos sólidos, que põem em risco a saúde pública, ocupam o espaço e degradam os recursos naturais e, terceiro, a necessidade de compensar o desequilíbrio provocado pelas altas do petróleo (MENEZES, 2002).

Tratando-se da mineração da Pedra Cariri, os resíduos gerados são empregados unicamente em aterros, na melhoria de estradas vicinais e na fabricação de cimento através da Indústria Barbalhense de Cimento Portland (Ibacip) (VIDAL; PADILHA; OLIVEIRA, 2005).

Nessa mineração, além de melhorias técnicas no processo de lavra e beneficiamento, há a necessidade de novos estudos que objetivem a utilização desses resíduos em outros processos industriais, pois assim será possível haver perspectivas de diminuição das pilhas de resíduos nas minas de calcário laminado na região. Assim, a dissertação buscou estudar os efeitos da aplicação do resíduo da Pedra Cariri na fertilidade do solo, no desenvolvimento e nutrição de plantas, no intuito de definir se esse material tem potencial para ser comercializado como calcário agrícola (corretor de solo) e, por fim, encontrar uma outra destinação comercial para esse resíduo.

A presente pesquisa se deu através de dois experimentos: o primeiro experimento consistiu de calagem em vasos sob condições controladas em estufa e plantio de mudas de alface e o segundo consistiu de calagem em área aberta com plantio de feijão. Essas pesquisas foram apresentadas em formato de artigos através dos capítulos 5 e 6, respectivamente.

1.3 Objetivo

O objetivo principal desse trabalho foi avaliar a aplicação do resíduo da Pedra Cariri na melhoria da fertilidade do solo e, conseqüentemente, no desenvolvimento e nutrição de plantas cultivadas nesse solo.

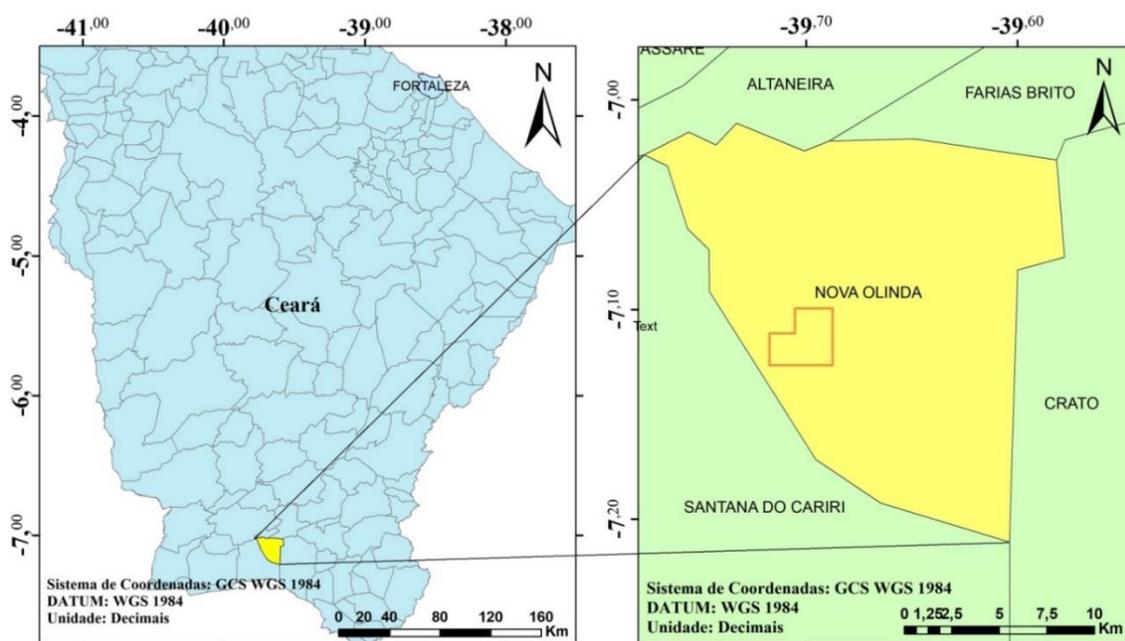
Para obter os resultados objetivados, fez-se necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

1. Avaliar a aplicação do resíduo da Pedra Cariri na fertilidade do solo incubado em vasos em estufa;
2. Avaliar a aplicação do resíduo da Pedra Cariri no desenvolvimento de plantas de alface cultivadas em vasos;
3. Avaliar a aplicação do resíduo da Pedra Cariri na fertilidade do solo em área aberta;
4. Avaliar a aplicação do resíduo da Pedra Cariri na nutrição de plantas de feijão cultivados em área aberta;
5. Avaliar a aplicação do resíduo da Pedra Cariri na produtividade dos feijoeiros.

1.4 Localização da área de mineração

O município de Nova Olinda situa-se na porção sul do Estado do Ceará, a 504 km de Fortaleza, na mesorregião do sul cearense, microrregião do Cariri, abrangendo a porção centro-norte da Bacia do Araripe (figura 1). A área da mina de extração da Pedra Cariri situa-se a 3 km do centro urbano de Nova Olinda em sentido sudoeste, e o acesso principal à entrada do empreendimento mineral está localizado na estrada que dá acesso ao município de Santana do Cariri.

Figura 1 – Mapa de localização da mina de extração da Pedra Cariri no município de Nova Olinda-CE. Em vermelho, a área da mina.



Fonte: elaborado pelo autor.

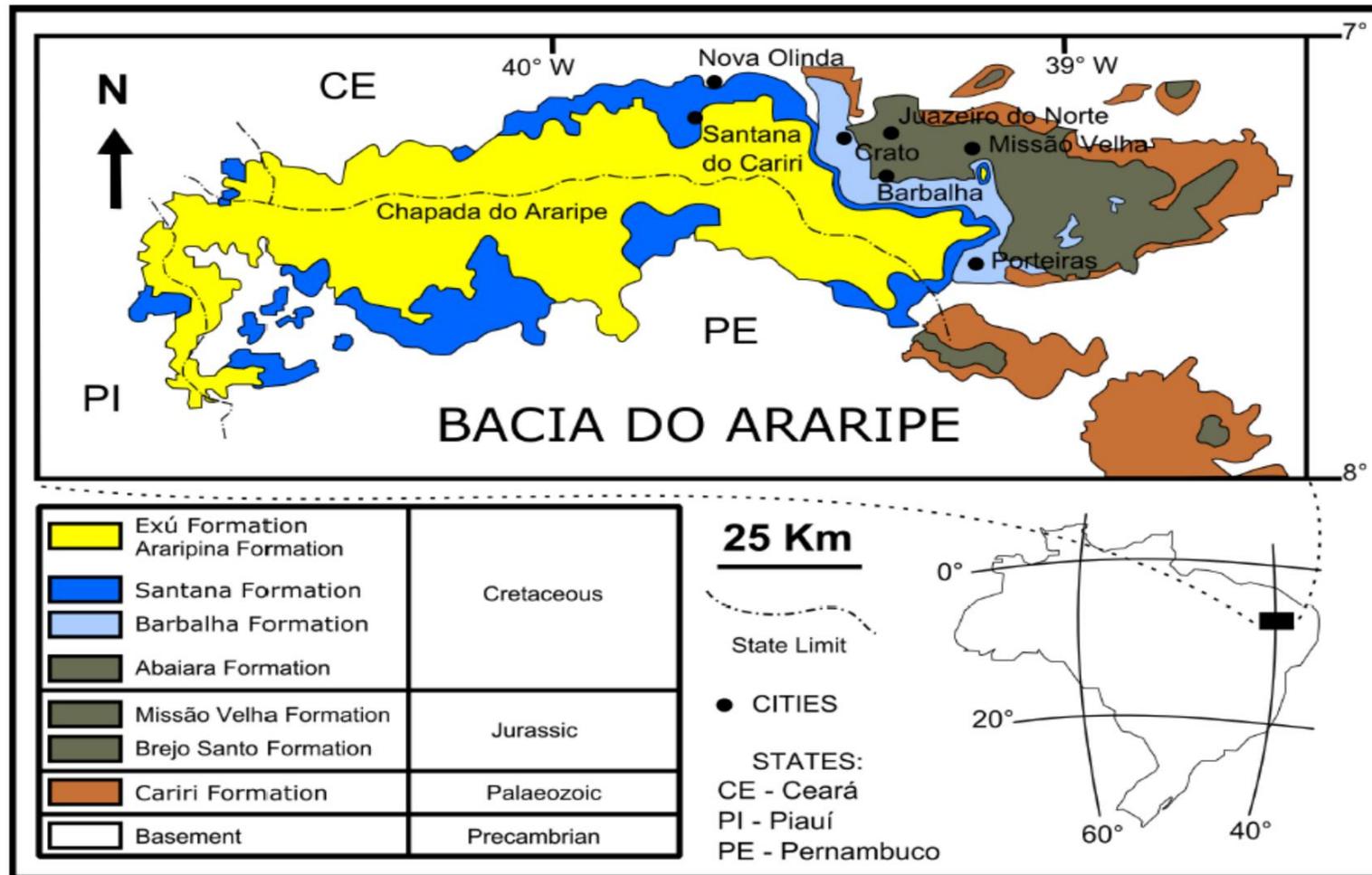
2 CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 Bacia do Araripe

As bacias do interior do nordeste brasileiro constituem um conjunto de bacias Fanerozóicas, das quais a mais extensa e estudada é a bacia do Araripe. Essa apresenta uma complexa evolução poli-histórica, ou seja, constitui um registro fragmentário de quatro bacias histórica e geneticamente separadas no tempo e parcialmente superpostas. Isso é evidenciado pelos sedimentos preservados que não configuram embaciamentos completos. Com isso, a análise estratigráfica é baseada na identificação de eventos geológicos maiores e reconhecíveis ao longo de toda a bacia (ASSINE, 1992).

A bacia do Araripe encontra-se sobre a Província Borborema, uma província geotectônica pré-cambriana de estruturação complexa localizada no Nordeste do Brasil. Possui lineamentos de direções E-W e NE-SW, dentre os quais se destacam dois, Lineamento de Patos e Lineamento de Pernambuco (ao sul), ambos de direção E-W, que delimitam a “Zona Transversal”, dentro da qual se encontra, mais precisamente, a bacia (PONTE; PONTE FILHO, 1996). Sua forma é alongada segundo o eixo E-W e fortemente compartimentada por falhas reativadas do embasamento pré-cambriano. A figura 2 mostra um mapa simplificado, modificado de Assine (2007).

Figura 2 – Mapa geológico da Bacia do Araripe.



Fonte: Modificado de Assine, 2007.

A origem da Bacia do Araripe está diretamente ligada ao evento de abertura do Oceano Atlântico Sul, que envolveu toda a porção leste da Plataforma Sul-Americana, chamado Reativação Wealdeniana, responsável pela fragmentação do paleo-continente Gondwana e pela formação dos riftes Mesozóicos do Nordeste. A intensa atividade da Plataforma Sul-Americana criou grandes depressões tafrogênicas, possibilitando a formação de centros de deposição com estruturação típica de riftes juvenis, preenchidas por sedimentos terrígenos de idade jurássica a Neocretácica de sequências Meso Cenozóicas, que constituem hoje a sequência sedimentar do Araripe (PONTE; PONTE FILHO, 1996). Os estratos da Bacia do Araripe são refletidos na arquitetura da bacia, tendo na parte inferior uma zona de riftes, encravada no embasamento pré-cambriano e, na parte superior, com cobertura tabular, subhorizontal, encobrindo discordantemente as bacias do tipo rifte (ASSINE, 1990).

A coluna estratigráfica da Bacia do Araripe é formada por quatro sequências tectono-sedimentares limitadas por discordâncias regionais ou por hiatos, paleontologicamente definidos (figura 3) (PONTE, 1992): Sequência Paleozóica, de idade Siluro-Devoniana, representada pela formação Mauriti; Sequência pré-rifte, representada pelas formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara, de idade eo-jurássica; Sequência sin- rifte, representada pelas formações Rio da Batateira e Santana, de idade Meso-Cretácea; e Sequência pós-rifte, representada pela formação Exu, de idade Cenomaniana (Cretáceo superior).

Figura 3 – Coluna Crono-litoestratigráfica simplificada da Bacia do Araripe baseada em Assine (2007).

Ma	GEOCRONOLOGIA			LITOESTRATIGRAFIA		SEQUÊNCIAS
	Período	ÉPOCA	IDADE	FORMAÇÃO	MEMBRO	
90	CRETÁCEO	NEO	Turoniano			PÓS-RIFTE II
95			Cenomaniano	EXU		
100		EO	Albiano	ARARIPINA		
105				SANTANA	ROMUALDO	
110				BARBALHA	CRATO	
115		EO	Aptiano			RIFTE
120						
125			Barremiano			
130			Halteriviano	ABAIARA		
135			Valanginiano			
140	Berriasiano					
145	JURÁSSICO	NEO	Tithoniano	M. VELHA	PRÉ-RIFTE	
150			Kimmeridgiano	B. SANTO		
300	PALEOZOICO			MAURITI		SINÉCLISE
400						
500						
550	PRÉ-CAMBRIANO					

Fonte: Santos *et al.* (2017).

A Sequência Paleozóica é composta unicamente pela formação Mauriti, que se constitui quase que unicamente de arenitos com decimétricos e descontínuos níveis de silito. Na parte mais inferior predominam os arenitos arcósios de granulação média a grossa, muitas vezes conglomeráticas. Os níveis de conglomerados ocorrem mais comumente na base, onde incluem fragmentos líticos do embasamento. As estratificações são geralmente cruzadas de médio porte, tabulares, planares e secundariamente acanaladas, em sets com espessuras decimétricas a métricas. São interpretadas como originadas em sistemas fluviais entrelaçados com escassez acentuada da fração pelítica de planície de inundação, ou seja, em direção ao topo os arenitos feldspáticos gradam para arenitos quartzosos. Alguns autores creditam essa composição sub-arcósea a um regime de clima periglacial, durante todo o Siluriano.

A formação Missão Velha se posiciona imediatamente acima dos folhelhos da formação Brejo Santo. O contato entre as duas unidades é concordante e gradual, passando de fácies pelíticas para fácies psamíticas. Essa formação é constituída basicamente de arenitos quartzosos, ligeiramente feldspáticos e/ou caolínicos, às vezes conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada, atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi*. Os arenitos apresentam-se em sets comumente decimétricos, com estratificação cruzada predominantemente cuneiforme planar ou acanalada. A passagem ascendente gradual dos pelitos avermelhados da Formação Brejo Santo para os arenitos da Formação Missão Velha permite interpretar um empilhamento sedimentar progradante, onde lagos rasos e/ou planícies aluviais distais úmidas foram colmatadas por sistemas fluviais, através de rios entrelaçados de pequeno a médio porte, mas de alta energia a julgar pelas litologias e dimensões dos sets. A formação Missão Velha é litologicamente semelhante, no entanto, no que diz respeito à sedimentologia, esta unidade apresenta diferentes associações de fácies que sugerem mudanças nas condições que regeram os processos deposicionais.

A formação Abaiara é constituída na base por folhelhos silticos e silitos vermelhos e verdes-claros, com intercalações lateralmente descontínuas de camadas decimétricas de arenitos finos e lâminas de carbonatos argilosos. Para o topo, interestratificadas com folhelhos silticos esverdeados, ocorrem lentes métricas de arenitos quartzosos finos a muito grossos, com níveis conglomeráticos.

Segundo Assine (1992), a sequência Juro-neocomiana é definida por falhas, sem evidências de deposição tectônica sin-deposicional. Por isso, a estruturação dos sedimentos desta sequência, também observada na sequência paleozóica, é interpretada como produto de eventos de tectônica deformadora, atuantes no intervalo Neocomiano superior/Barremiano. Sequência Aptiana-albiana é constituída pelas formações Rio da Batateira e Santana. Essa

representa o estágio inicial da tectono-sequência “pós- rifte” (NEUMANN; CABRERA, 1999) da bacia do Araripe, com sequências transicionais e evaporíticas.

A formação Rio da Batateira, definida por Ponte e Appi (1990), é equivalente à formação Barbalha, de Assine (1990), e é constituída, basicamente, por dois tipos de associações de fácies, na base e no topo. A unidade basal é constituída predominantemente de fácies arenosas com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis delgados de conglomerados. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, comparecendo também feições sigmoidais. Tais sedimentos apresentam-se em ciclos com granodecrescência ascendente que culminam em intervalos pelíticos e são interpretados como fluvio-lacustres, não só pelas litologias e estruturas sedimentares, mas pela presença de fósseis continentais (PONTE; APPI, 1990).

O primeiro ciclo se encerra com um intervalo de folhelhos pirobeturninosos pretos, ricos em laminações carbonáticas algálicas e ostracodes. Este intervalo, em meio ao qual se encontra uma camada decimétrica de calcário com aspecto brechóide e mineralizada em sulfetos, foi denominado de "camadas Batateira" por Hashimoto *et al.* (1987). Portanto, a formação Rio da Batateira ou Barbalha apresenta, na base, uma associação fluvial e no topo uma associação lacustre. Culminando com o último ciclo granodecrescente da Formação Rio da Batateira numa passagem gradual, tem-se uma seção de folhelhos papiráceos calcíferos, interestratificados com calcários micríticos laminados, onde continua presente o registro fossilífero abundante (conchostráceos, fragmentos vegetais lenhosos carbonizados, além de pequenos peixes, *Dastilbe elongatu*, e insetos) marca o início do membro Crato e da formação Santana.

A Formação Santana tem sido relacionada com um Sistema Lagunar-Evaporítico e Marinho, de idade Meso–Albiano (PONS *et al.*, 1990), com grande diversidade e complexidade faciológica (PONTE, 1992). Beurlen (1971) após estudos faciológicos e ecológicos sobre a Formação Santana, diferenciou-a em três membros, denominados Crato (inferior), Ipubí (intermediário) e Romualdo (superior).

O membro Crato, que consiste na formação que abrange o contexto de estudo deste trabalho, visto que seu litótipo consiste na matéria base de uso nos experimentos, possui calcários laminados de natureza micrítica, de cor amarela a creme com estratificação plano-paralela horizontal, com pseudomorfos de cristais de sal, laminação milimétrica a centimétrica localmente de cor acinzentada; com espessura que variam de 30 a 50 metros (PONTE; APPI, 1990). São fossilíferos, incluindo grupos de invertebrados, vertebrados e plantas. Sobre a evolução paleogeográfica do paleo-lago ligado à deposição desses sedimentos, Neumann

(1999) identificou seis/sete níveis lacustres carbonatados na evolução desses depósitos, com interdigitações de corpos terrígenos, o que atesta a ampliação dos sistemas lacustres, indicando condições de baixa energia no ambiente deposicional, com influxo terrígeno e turvação da água paulatinamente decrescente, sendo comum nos carbonatos a presença de filamentos algálicos.

O membro Ipubí corresponde às camadas de gipsita de até 20 metros de espessura e, alguns metros acima dos evaporitos, ocorre o membro Romualdo, constituído por abundantes concreções carbonáticas, parte destas concreções encerra peixes em seu interior, num total de 18 espécies, compondo uma paleoictiofauna considerada marinha (SILVA SANTOS; VALENÇA, 1968). Também são encontrados, entre outros vertebrados, dinossauros (LEONARDI; BORGOMANERO, 1981), tartarugas marinhas (PRICE, 1973) e pterossauros (PRICE, 1971; CAMPOS; KELLNER, 1985).

A Sequência Albiano-Cenomoniano corresponde à formação Exu (BEURLIN, 1962), onde intercalam-se arenitos grosseiros, conglomeráticos, friáveis. Essas litologias estão empacotadas em bancos de acamamento grosseiro, com estratificações cruzadas, constituindo litofácies típicas de depósitos fluviais. As espessuras de Formação Exu, variam de 150 a 200 metros na parte leste da Chapada do Araripe a cerca de 100 metros na sua extremidade oeste, podendo atingir espessuras maiores nos locais onde a formação recobre os baixos estruturais da bacia tectônica neocomiana. Mabesoone e Tinoco (1973) constataram que a Formação Exu, na porção oeste da bacia, compõe-se de dois membros denominados informalmente de membros inferior e superior.

3 ASPECTOS AMBIENTAIS

Nas imediações da área requerida para extração da Pedra Cariri no município de Nova Olinda os impactos ambientais são diversos, principalmente por conta da elevada geração e estoque de pilhas de resíduos. A mineração pelo método de lavra a céu aberto, que é forma de lavra utilizada na extração da Pedra Cariri, por si só já é bastante danosa ao meio ambiente. Para haver esse tipo de atividade, é necessário que haja uma retirada de toda a vegetação e do solo na área onde serão abertas as frentes de lavra, gerando danos ambientais praticamente irreversíveis ao local. Por conta da forma desordenada que ocorre a lavra nessa área, há diversas frentes de lavra no local, onde a maioria delas encontram-se desativadas e servindo como depósito de resíduos (figura 4).

Figura 4 - Frente de lavra desativada utilizada como depósito de resíduos na mina de extração da Pedra Cariri em Nova Olinda.



Fonte: foto tirada pelo autor.

Segundo Vidal, Padilha e Oliveira (2005), a lavra da Pedra Cariri é desenvolvida, na maioria das vezes, de forma aleatória e com métodos rudimentares, resultando num plano de aproveitamento com baixas taxas de recuperação. Nessas pedreiras a lavra é feita ou de forma manual ou de forma semi-mecanizada, utilizando máquinas de corte móveis com disco diamantado. Estima-se que a perda na lavra com a operação manual atinge até 90% e com a utilização da máquina com disco diamantado reduz-se consideravelmente, assim, a cadeia

produtiva da Pedra Cariri, que vai da lavra ao beneficiamento (esquadrejamento), acarreta uma perda de material em torno de 70% (VIDAL; PADILHA, 2003).

Outro problema detectado na mina é em relação ao descarte da lama proveniente do corte e esquadrejamento das lajotas durante o processo de beneficiamento. Na área existem diversos pontos de esquadrejamento do calcário, onde esse processo de corte da rocha gera uma grande quantidade de pó e, por conta disso, todo o processo de corte é acompanhado de água para tentar se evitar que esse pó se disperse no ar.

O ponto positivo é que a água utilizada nesse processo é reaproveitada, e ocorre da seguinte forma: durante o corte do calcário, o pó gerado é misturado com a água que percola na máquina e acaba gerando uma lama. Essa lama escorre até um tanque ao lado e fica armazenada durante um tempo até que a maioria do pó presente na água decante. Após a decantação, a água “limpa” é destinada a um tanque vizinho que possui um sistema de bombeamento e que direciona novamente a água para a sala de corte e, assim, reinicia-se o ciclo. O ponto negativo desse processo é que a lama acumulada do processo de decantação no segundo tanque é despejada no solo local.

A extração de calcário pode ser prejudicial também para o ciclo local das águas, pois os afloramentos de calcário recolhem as águas das chuvas e a direcionam aos corpos d’água subterrâneos, funcionando como uma caixa d’água natural e eficaz. Além disso, a extração de calcário, inevitavelmente, desfaz as paisagens e destrói os sítios de interesse espeleológico, arqueológico e indígena (SANTI; FILHO, 2004).

A região de estudo, que apesar de ser regida por uma série de parcerias governamentais que em seu regimento tem como primordial objetivo a redução máxima de impactos ambientais, também enfrenta problemas em relação à legislação quanto ao conteúdo fossilífero, de modo que o próprio empreendimento teve seu início bastante associado a estes problemas. Vale também ressaltar que toda a região está dentro da área de abrangência do GeoPark Araripe, cujos principais objetivos também são moldados à manutenção do enorme e vasto patrimônio ambiental da região.

3.1 Concentração do Resíduo

Foi calculado por Vidal, Padilha e Oliveira (2005) que as quantidades de resíduo de Pedra Cariri para o ano de 2006 eram de 755.000 m³ para o município de Nova Olinda e 275.000 m³ para o município de Santana do Cariri, formando um total de 1.030.000 m³ de resíduo de calcário estocados nas minas.

Segundo Oliveira (2006), a quantidade de material gerado e não aproveitado na fabricação de ladrilhos alcança valor alto, 70,81%, ou seja, 276,16 m³ de um bloco-padrão ou pedreira hipotética de 390 m³. Deste total, pequena parte é irrecuperável, como no caso de dissolução cárstica (3,93% ou 15,34 m³), reduzindo o total para 66,88% ou 260,82 m³, o que é um montante muito grande de material que pode ser usado para outros fins. Isto porque, diferentemente da maioria de outras substâncias minerais, as rochas carbonáticas detêm vasta gama de usos e outras condições que as classificam como excelentes para serem usadas.

Atualmente esses resíduos encontram-se estocados aleatoriamente na mina, sem haver um correto local de armazenamento desse material que os proteja da ação de fatores climáticos. Todo esse material está espalhado em praticamente toda a área da mina, formando pilhas que podem chegar a dezenas de metros de altura e centenas de metros de comprimento. Essas pilhas de resíduos são uma ameaça à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente, já que formam taludes com inclinação de alto grau que correm riscos de deslizamentos. Além disso, as pilhas de resíduos causam assoreamento de corpos d'água, derrubada de vegetação e impactos ambientais visuais desagradáveis (Figura 5).

Figura 5 – Pilhas de resíduos na mina de extração da Pedra Cariri em Nova Olinda.



Fonte: elaborado pelo autor.

4 ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM

A grande maioria dos solos tropicais brasileiros são Latossolos que, mesmo dotados de boas características físicas, apresentam, em forma quase generalizada, características químicas inadequadas, tais como elevada acidez, altos teores de alumínio trocável e deficiência de nutrientes, especialmente cálcio, magnésio e de fósforo (MACHADO, 2015). Este mesmo autor diz que a acidez de um solo consiste na substituição dos cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) do complexo de troca do solo por Al^{3+} e H^+ . Os solos podem ser naturalmente ácidos pela pobreza do material de origem desprovido de bases, ou por condições de pedogênese e acúmulo residual de alumínio. Ainda segundo o autor, a elevada acidez de grande parte dos solos tropicais, em função do elevado intemperismo, condiciona alta atividade do alumínio na solução do solo e deficiência de nutrientes.

A acidez do solo se deve à presença de H^+ livres, gerados por componentes ácidos presentes no solo (ácidos orgânicos, fertilizantes nitrogenados, etc.). A neutralização da acidez consiste em neutralizar os H^+ , o que é feito pelo ânion OH^- . Portanto, os corretivos de acidez devem ter componentes básicos para gerar OH^- e promover a neutralização (ALCARDE, 2005).

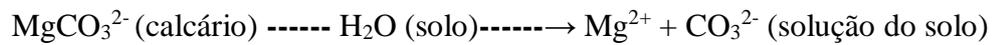
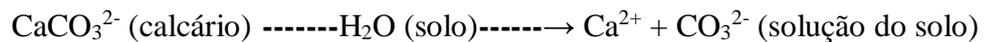
Segundo Raij (2011) a acidez do solo é o principal fator que afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas no subsolo de grandes áreas do Brasil. As raízes das plantas não se desenvolvem em condições de excesso de acidez, principalmente pelo excesso de alumínio e, por vezes, por deficiência de cálcio. Ainda segundo o autor, do ponto de vista químico, o alumínio é um dos elementos mais abundantes em solos, estando presente na estrutura dos minerais secundários, com destaque, nos solos brasileiros, para caulinita e gibbsita [$\text{Al}(\text{OH})_3$]. Do ponto de vista de nutrição vegetal, o alumínio é muito mais prejudicial às plantas cultivadas do que o hidrogênio, por deprimir o crescimento do sistema radicular, sendo, assim, o principal responsável pelo efeito deletério da acidez do solo nas plantas.

A diminuição da acidez do solo acarreta insolubilização do alumínio, o qual precipita na forma de hidróxido; também, a diminuição da acidez aumenta a disponibilização do elemento fósforo na solução do solo. A necessidade da correção do solo pode ser avaliada pela saturação por bases (V%), em que se obtêm índices da relação de cálcio, magnésio e outros cátions, em relação ao elemento alumínio (VOLKWEISS, 1989). Portanto, a correção da acidez do solo se faz necessárias para melhorar a fertilidade do solo e, conseqüentemente, aumentar a produtividade em áreas cultivadas, sendo assim uma técnica agrícola bastante empregada.

Segundo Alcarde (1992), corretivos da acidez dos solos são produtos capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e ainda carrear nutrientes vegetais ao solo, principalmente cálcio e magnésio, e são classificados em: calcário, cal virgem agrícola, cal hidratada agrícola ou cal extinta, calcário calcinado e escória básica de siderurgia.

A calagem consiste na aplicação e incorporação de calcário à camada arável do solo, que é a área de maior concentração de raízes, visando a correção da acidez do solo (pH), a neutralização do alumínio tóxico às plantas, e o incremento nos teores de cálcio e magnésio (MACHADO, 2015). O calcário reduz a toxidez de alumínio e de outros metais, melhora as condições físicas do solo, estimula a atividade microbiana, aumenta a capacidade de troca catiônica - CTC em solos de cargas variáveis, aumenta a disponibilidade de vários nutrientes, supre cálcio e, se for dolomítico, magnésio e melhora a fixação simbiótica de N pelas leguminosas (LOPES, 1998).

A ação neutralizante do calcário ocorre da seguinte forma:



No solo, o calcário libera Ca^{2+} , Mg^{2+} e CO_3^{2-} ; a base química, isto é, o componente que proporciona a formação de OH^- é o CO_3^{2-} (e posteriormente o HCO_3^-); o valor da base fraca, isto é, a reação de formação de OH^- é relativamente lenta; e o OH^- produzido neutralizará o H^+ do solo, responsável pela sua acidez (ALCARDE, 2005).

A eficiência da calagem é dependente de vários fatores, entre eles, está relacionada com a área superficial de contato com o solo, que depende da uniformidade da aplicação e da antecedência em relação aos períodos de demanda pelas culturas (ANGHINONI; SALET, 2000). Entretanto, na escolha do corretivo alguns aspectos em relação à sua qualidade devem ser observados, principalmente das suas características químicas, como o teor e do tipo de compostos neutralizantes, assim como pelas suas características físicas, que são determinadas pelo grau de moagem, ou seja, a sua granulometria (TEDESCO; GIANELLO, 2000; ALCARDE; RODELLA, 2003).

4.1 Propriedades corretivas dos calcários

4.1.1 Poder de Neutralização

O Poder de Neutralização – PN indica a capacidade potencial ou teórica do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. Quanto maior o PN de um calcário, maior é a quantidade de ácidos que ele neutraliza. O poder de neutralização de um corretivo de acidez é determinado analiticamente, fazendo-se uma amostra do mesmo reagir com uma quantidade conhecida e em excesso de ácido clorídrico relativamente diluído (0,5N) e a quente (BRASIL, 1983; KOCHE *et al.*, 1989). Dessa forma, é dada oportunidade ao corretivo de exercer toda a sua capacidade de neutralizar o ácido. Posteriormente, determina-se o excesso de ácido e, por diferença, calcula-se a quantidade de ácido neutralizada pelo corretivo. De acordo com o princípio da equivalência química, a quantidade de ácido neutralizada equivale à quantidade de constituinte neutralizante contido na amostra. Ainda pelo princípio da equivalência, seja qual for o constituinte da amostra, considera-se como sendo o CaCO_3 , que é tomado como padrão. Assim, calcula-se a quantidade de CaCO_3 que deveria existir na amostra e o resultado é expresso em “porcentagem equivalente em carbonato de cálcio”

4.1.2 Reatividade

Reatividade de um corretivo é a velocidade de sua ação no solo, ou seja, a rapidez com que corrige a acidez. Segundo Bellingieri *et al.* (1989), a reatividade depende:

- das condições de solo e de clima: quanto maiores forem 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.
- da natureza química: as bases fortes são mais reativas do que as bases fracas;
- da granulometria: quanto mais fino for o corretivo, maior é a reatividade.

Para os calcários, foram determinadas taxas de reatividade para as diferentes frações granulométricas, isto é, o percentual de ação do calcário no solo num período de três meses, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Taxas de reatividade das partículas calcário de diferentes granulometrias.

Fração granulométrica		Taxa de reatividade (RE)
Peneiras Nº (ABNT)	Dimensão (mm)	(%)*
maior que 10	maior que 2	0
10-20	2 a 0,84	20
20-50	0,84 a 0,30	60
menor que 50	menor que 0,30	100

(*) Percentual do corretivo que reage em 3 meses

Fonte: Modificado de Brasil (2004).

4.1.3 Poder Relativo de Neutralização Total

A ação de um corretivo depende fundamentalmente das características: poder de neutralização (PN) e reatividade (RE). Isoladas, essas duas características não possibilitam uma adequada avaliação da ação do corretivo; por isso foram associadas, dando origem ao índice denominado Poder Relativo de Neutralização Total – PRNT (BELLINGIERI *et al.*, 1988), que é determinado pela expressão:

$$\text{PRNT} = \frac{(\text{PN} \times \text{RE})}{100}$$

O PRNT é, portanto, a quantidade (reatividade) do PN do calcário que agirá em 3 meses.

5 USO DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE CALCÁRIO ORNAMENTAL PARA A CORREÇÃO DE ACIDEZ DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS

RESUMO

No município de Nova Olinda – CE, a extração de calcário para fins ornamentais, denominado Pedra Cariri, vem causando uma série de impactos ambientais por conta da elevada geração e estoque de rejeitos na localidade. O objetivo desta pesquisa foi verificar a eficiência desse resíduo como corretor de acidez de solo e no desenvolvimento de plantas de alface. O experimento foi realizado em duas etapas: a primeira constituiu-se da incubação de 5 dm³ de solo em vasos durante três meses, com doses do pó do rejeito da Pedra Cariri equivalentes a 0%, 50%, 100% e 200% da dose recomendada para a elevação da saturação por bases do solo para 60%, e mais uma dose equivalente à 100% da dose recomendada, porém utilizando um calcário calcítico comercial. A segunda etapa do experimento consistiu no cultivo de alface cv Lucy Brown nos vasos com solo previamente corrigido pela calagem. O pó do rejeito da Pedra Cariri tem potencial para ser comercializado como insumo agrícola, visto que ocasionou elevação do pH e dos teores de Ca do solo, redução dos teores de acidez trocável, acidez potencial e, conseqüentemente, diminuição da saturação por alumínio e aumento da saturação por bases, não diferindo da ação do calcário calcítico comercial. Os resultados das análises de desenvolvimento da alface não foram significativos, onde a alface não alcançou seu potencial produtivo. Ainda assim, o pó do rejeito não apresentou efeitos tóxicos que prejudicassem o desenvolvimento da planta.

Palavras-chave: Resíduo; Calcário; Calagem; Alface

ABSTRACT

In the municipality of Nova Olinda - CE, the extraction of limestone for ornamental purposes, denominated Pedra Cariri, has been causing a series of environmental impacts due to the high generation and stock of tailings in the locality. The objective of this research was to verify the efficiency of this residue as a soil acidity broker and in the development of lettuce plants. The experiment was carried out in two stages: the first consisted of the incubation of 5 dm³ of soil in pots during three months, with doses of the powder from the Pedra Cariri tailing equivalent to 0%, 50%, 100% and 200% of the recommended dose for the elevation of soil base saturation to 60%, and a dose equivalent to 100% of the recommended dose, but using commercial calcitic limestone. The second stage of the experiment consisted in the cultivation of cv Lucy Brown lettuce in pots with soil previously corrected by liming. The powder from the Pedra Cariri tailing has potential to be commercialized as an agricultural input, because it caused elevation of the pH and Ca soil contents, reduction of exchangeable acidity, potential acidity and, consequently, decrease of aluminum saturation and increase of base saturation, not differing from the action of commercial calcitic limestone. The results of analyzes of lettuce development were not significant, where lettuce did not reach its productive potential. Nevertheless, the tailings powder had no toxic effects that would impair the development of the plant.

Keywords: Residue; Limestone; Liming; Lettuce

Introdução

Tendo sua exploração se iniciado ainda no século XIX, a mineração da chamada Pedra Cariri é hoje a principal atividade econômica dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, no Ceará. Esses municípios são responsáveis por 15% da produção de rochas ornamentais e de revestimento do estado do Ceará (VIDAL, 2010).

A rocha lavrada na região é um calcário fossilífero pertencente ao Membro Crato da Formação Santana, que é estratigraficamente a mais complexa da Bacia do Araripe e foi formado a cerca de 120 milhões de anos (ASSINE, 1992). Estima-se que existam cerca de 97 milhões de metros cúbicos de rocha na região (VIDAL; PADILHA, 2003).

Estima-se que as perdas ao longo da cadeia produtiva da Pedra Cariri, que vai da lavra ao beneficiamento, sejam em torno de 70% (VIDAL; PADILHA, 2003). Os volumes de rejeito, acumulados até o ano de 2006, eram de 755.000,00 m³ em Nova Olinda e 275.000,00 m³ em Santana do Cariri, formando um total de 1.030.000,00 m³ de rejeito de calcário estocados nas minas (VIDAL *et al.*, 2006).

Os principais problemas ambientais oriundos dessa atividade estão relacionados à retirada do capeamento de estéril, em muitos casos espesso; às pilhas de rejeitos provenientes da lavra e os resíduos sólidos do beneficiamento; à erosão das encostas e áreas desmatadas; e ao assoreamento de riachos e do rio Cariús, principal rio da região (CASTRO *et al.*, 2007).

Para reduzir esses impactos ambientais é necessário o estudo e desenvolvimento de alternativas para a utilização desses rejeitos, oferecendo alternativas de utilização para esses materiais.

Na agricultura, os calcários são utilizados para a melhoria das condições do solo, principalmente pela elevação do pH, neutralização do Al trocável, fornecimento de Ca e de Mg, além de influenciar na disponibilidade de outros nutrientes, caracterizando um insumo de vital importância para o desenvolvimento das culturas (KAMINSKI, 1989).

A alface é uma cultura sensível a acidez do solo, desenvolvendo-se melhor em solo com faixa de pH entre 6 e 6,8 (MAYNARD; HOCHMUTH, 2007). Frequentemente utiliza-se a fertilização e correção do solo para alcançar tais condições, contribuindo para uma maior produção, qualidade e principalmente uniformidade do produto (TANAMATI, 2012).

O uso de rejeitos calcários de mineração para a correção da acidez do solo pode constituir uma alternativa para poupar recursos naturais e dar destino adequado a esses resíduos potencialmente danosos ao ambiente (PRADO *et al.*, 2002, BALBINOT JR *et al.*, 2006).

Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi verificar a eficiência do resíduo de mineração de Pedra Cariri como corretor de acidez de solo e no desenvolvimento de plantas de alface.

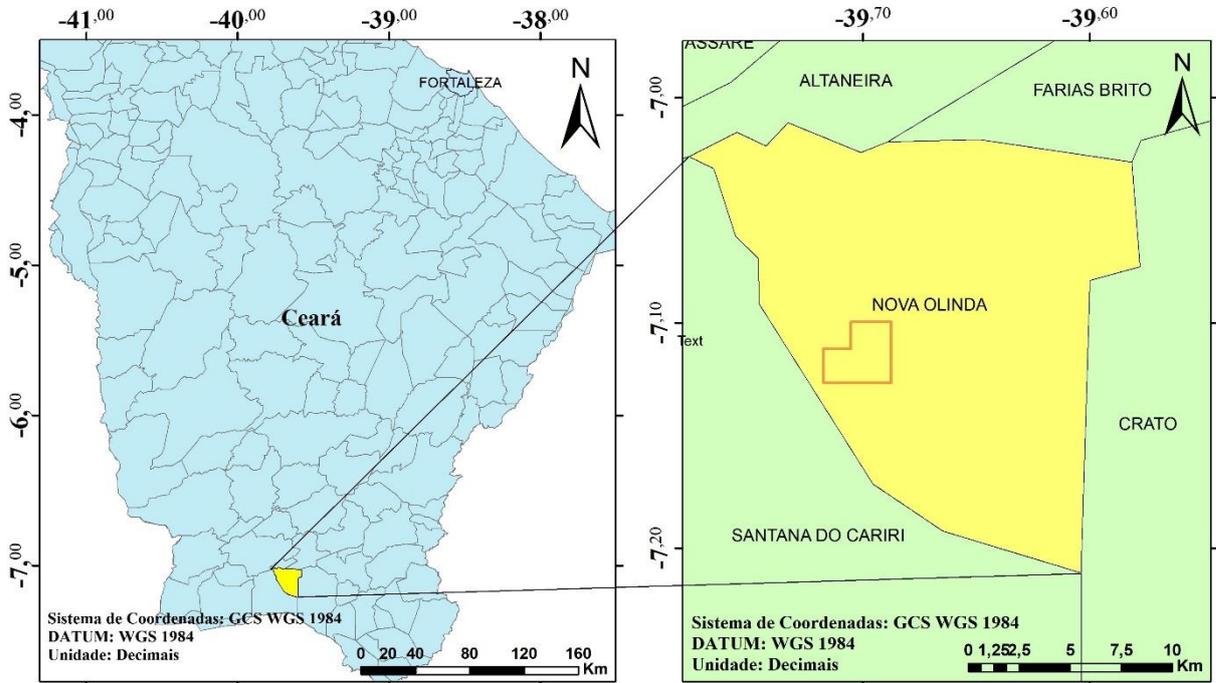
Material e métodos

O experimento foi realizado em duas etapas: (i) calagem e incubação do solo em vasos de 5 dm³ por 3 meses e (ii) cultivo de alface nos mesmos vasos com solo após o tempo de reação do calcário. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com 5 tratamentos e 5 repetições.

Os tratamentos consistiram de: tratamento 1 (T1), ou tratamento controle, sem calcário; tratamento 2 (T2), com 50% da dose recomendada (DR) do rejeito da Pedra Cariri; tratamento 3 (T3), com 100% da DR do rejeito da Pedra Cariri; tratamento 4 (T4), com 200% da DR do rejeito da Pedra Cariri; e tratamento 5 (T5), com 100% da DR, porém utilizando um calcário calcítico obtido comercialmente. A DR foi definida a partir da análise inicial do solo com objetivo de elevar a saturação por bases desse solo para 60%.

O rejeito da Pedra Cariri utilizado no experimento foi coletado na mina de extração da Pedra Cariri localizada no município de Nova Olinda (figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da mina de extração da Pedra Cariri no município de Nova Olinda-CE. Em vermelho, a área da mina.



Fonte: elaborado pelo autor.

Coleta e caracterização do solo

O solo empregado no estudo foi coletado em uma área de reconstituição de vegetação arbórea do Grupo de Estudos e Práticas em Permacultura (GEPPE), no interior do Campus do Pici/UFC, em Fortaleza – CE. Foram coletadas 5 amostras do horizonte superficial desse solo, a até 20 cm de profundidade, que posteriormente foram homogêneas e analisadas. Esse solo foi selecionado com base em sua acidez ativa, apresentando pH igual à 5,04.

A caracterização física e química do solo foi determinada de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Nas análises físicas foram determinados a granulometria (teores de areia, silte e argila) pelo método da pipeta (GEE e OR, 2002), e a densidade aparente do solo pelo método do anel volumétrico, conforme metodologia de Donagema *et al.* (2011). Nas análises químicas: Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{H} + \text{Al}$ e Al^{3+} foram determinados em extrato de $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$; K^+ e Na^+ foram determinados em $\text{HCl } 0,5 \text{ mol L}^{-1}$. A concentração de N total foi determinada pelo método semimicro Kjeldahl em extratos de digestão sulfúrica. O carbono orgânico foi determinado de acordo com o método descrito por Yeomans e Bremmer (1988), que é realizada uma oxidação da matéria orgânica por via úmida com dicromato de

potássio na presença de ácido sulfúrico e aquecimento externo, e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.

Os resultados da caracterização físico-química do solo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.

Característica	Valor
Areia grossa (g kg ⁻¹)	429
Areia fina (g kg ⁻¹)	359
Silte (g kg ⁻¹)	132
Argila (g kg ⁻¹)	106
Argila natural (g kg ⁻¹)	30
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,44
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	2,74
pH (água)	5,04
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	13,8
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	6,8
Sódio (mmol _c dm ⁻³)	2,12
Potássio (mmol _c dm ⁻³)	1,58
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	23,8
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)	1,6
Carbono (g kg ⁻¹)	6,8
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	0,69
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	11,78
P assimilável (mg dm ⁻³)	2,3
Relação C:N	10

Fonte: elaborado pelo autor.

Caracterização da rocha calcária e recomendação de calagem

A caracterização química do resíduo calcário coletado em Nova Olinda foi realizada previamente por Correia *et al.*, 2006. O resíduo apresenta: 53,9% de CaO; 0,78% de MgO; 1,16% de SiO₂; 0,27% de Al₂O₃; 0,81% de Fe₂O₃; 0,027% de CuO; 0,041% de K₂O; 0,046% de SO₃; 0,069% de SrO; 0,19% de MnO; 0,045% de P₂O₅, e 42,6% de perda por calcinação

durante a análise. Os teores de metais pesados estão abaixo dos limites máximos permitidos (BRASIL, 2006).

O Poder de Neutralização (PN) foi determinado segundo o procedimento oficial da legislação brasileira (BRASIL, 1983) pelo procedimento denominado simplificado. Foi assumido reatividade (R) de 100%, pois o calcário foi moído e peneirado em peneira de 80 mesh, granulometria menor que a estabelecida por norma para a obtenção de 100% de reatividade.

O Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) foi determinado segundo Bellingieri *et al.* (1988), conforme a equação 1.

Equação 1 – Cálculo do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

$$\text{PRNT} = \frac{(\text{PN} \times \text{RE})}{100}$$

A partir do PN obtido de 99,37% e reatividade de 100%, o valor de PRNT calculado para o rejeito da Pedra Cariri foi de 99,37%.

A DR de calcário foi determinada de acordo com Sousa *et al.* (2007) pelo método da saturação por bases (V), conforme a equação 2.

Equação 2 – Determinação da Necessidade de Calagem (NC) através do método de saturação por bases.

$$\text{NC (t/ha)} = T * \frac{(\text{Ve} - \text{Va})}{100}$$

onde:

NC = necessidade de calcário, em t/ha (com PRNT 100%);

Va = saturação por bases desejada;

Ve = saturação por bases do solo, fornecida no laudo de análise.

T = CTC (capacidade de troca de cátions do solo) = (H+Al) + K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺.

A saturação por bases desejada (Va) foi igual à 60%; a percentagem da saturação por bases do solo (Ve), obtida por análise química, foi de 50,4%; e a CTC do solo foi de 48 mmol_c dm⁻³. Assim, a NC de calagem foi de 0,732 mg ha⁻¹ para o pó do rejeito da Pedra Cariri.

A dose aplicada nos vasos foi determinada assumindo-se a incorporação do calcário na camada de 0-20 cm de profundidade do solo, totalizando 2.000.000 dm³ de solo por hectare. Portanto, a dose de calcário necessária para 5 dm³ de solo foi de 1/400.000 da NC, obtendo-se uma dose recomendada de 1,8g de calcário por vaso.

Incubação

O solo foi seco ao ar durante 3 dias, destorroado e homogeneizado. Em seguida, foram colocados 5 dm³ de solo em cada vaso e, então, incorporadas e misturadas as respectivas doses de calcário nos vasos.

A umidade foi elevada para 70% da capacidade de retenção de água do solo; a manutenção da umidade foi realizada a partir da reposição da água perdida por evaporação; o volume de água repostado foi determinado a partir da avaliação da perda de massa, realizada com periodicidade de 2 dias. Os vasos foram acomodados em estufa de produção de hortaliças e mantidos nessas condições durante 3 meses.

Ao final do período de incubação, foi realizada a amostragem do solo de cada vaso para a realização de análise química.

Experimento com plantas

Sementes de alface cultivar Lucy Brown, obtidas comercialmente, foram semeadas em bandejas de polietileno de 162 células, utilizando-se duas sementes por célula. O substrato utilizado constituiu-se de 1 volume de solo e 2 volumes de composto orgânico, sendo esse composto orgânico preparado no próprio local do experimento e constituído de resíduos de material vegetal da área. Após a semeadura, a bandeja foi colocada sob o telado 50% e recebendo água duas vezes ao dia.

Após o período de 3 meses de reação do calcário no solo, os vasos foram adubados com composto orgânico e foi realizado o transplante das mudas. O solo recebeu adubação na proporção de 2 volumes de solo para 1 volume de composto orgânico, sendo o composto orgânico o mesmo utilizado na produção das mudas. O transplante ocorreu 23 dias após a semeadura, quando as mudas tinham em média 7,6 cm, e cada vaso recebeu duas mudas, sendo o desbaste realizado 5 dias após o transplante, mantendo apenas a planta mais vigorosa. Após o transplante, os vasos permaneceram sob telado com sombreamento de 50%.

A irrigação foi realizada duas vezes ao dia durante todo o período de desenvolvimento das plantas. A colheita foi realizada 39 dias após o transplante, procedendo-se um corte no colo da planta com o auxílio de uma tesoura.

Avaliações

Análise química do solo

As amostras foram submetidas a análises químicas de rotina para fins de levantamento descritas pela EMBRAPA (1997), para determinação de: pH em água; cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+}) em $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$; Na^+ e K^+ em $\text{HCl } 0,05\text{N}$; Al^{3+} em KCl N ; H+Al em KCl N . A partir desses resultados obteve-se: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), percentual de saturação por alumínio (m%), percentual de saturação por bases (V%) e percentual de sódio trocável (PST).

Número de folhas comerciais e não comerciais

As folhas foram separadas do caule e contadas, considerando-se todas, mesmo as menores encontradas no centro do caule, semelhante ao que fez Tanamati (2012). Em seguida foram descontadas as folhas menores que 3 cm (BEZERRA NETO *et al.*, 2003) a fim de contabilizar somente as folhas comerciais.

Massa fresca da parte aérea e da raiz

Após a separação e contagem das folhas, as mesmas foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados. Em seguida, procedeu-se a retirada do torrão de solo juntamente com a raiz para fora do vaso. Esse conteúdo foi colocado num recipiente com água e, aos poucos, separou-se as raízes do solo. Após a secagem natural, foram colocadas em sacos de papel identificados.

Massa seca da parte aérea

A parte aérea e as raízes foram embaladas em sacos de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas até que atingissem peso constante. Após esse tempo, eles foram pesados em balança de precisão.

Análises estatísticas

As variáveis relacionadas ao solo e ao desenvolvimento das alfaces foram submetidas à análise de variância. As variáveis do solo consideradas na análise foram: pH, condutividade

elétrica (C.E), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^{2+}), potássio (K^{+}), acidez potencial (H+Al), acidez trocável (Al^{3+}), soma de bases (S), complexo de troca catiônica (T), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), percentagem de sódio trocável (PST). As variáveis relacionadas ao desenvolvimento da alface consideradas na análise foram: peso fresco da parte aérea (PFPA), peso seco da parte aérea (PSPA), diâmetro, altura, número de folhas total (NFT), número de folhas vivas (NFV) e peso fresco das raízes (PFR).

As variáveis que apresentaram efeito significativo dos tratamentos, com probabilidade maior que 95%, foram submetidas à análise de regressão e contraste. A análise de regressão polinomial foi realizada com propósito de verificar os efeitos quantitativos dos tratamentos de calcário (tratamentos T1 ao T4) e a análise de contraste para verificar diferenças entre o tratamento com calcário comercial e o rejeito da pedra Cariri (T3 vs T5). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS® *University Edition*.

Resultados e discussão

Efeito dos tratamentos de calagem no solo

O rejeito da Pedra Cariri foi eficiente na correção da acidez do solo. A dose recomendada de calagem proporcionou elevação da saturação por bases do solo para 62,2%, valor superior aos 60% desejados no cálculo da recomendação de calagem, e o valor de pH foi elevado para 5,6 na DR. A calagem com o rejeito da Pedra Cariri ainda proporcionou alterações nos valores de Ca^{2+} , H+Al, Al^{3+} , SB V% e m% (tabela 2).

Tanto os valores de pH quanto as concentrações de Ca^{2+} apresentaram resposta quadrática às doses do rejeito da Pedra Cariri, no entanto, o ponto de inflexão da curva não foi atingido mesmo com o dobro da dose recomendada e o valor do coeficiente de x^2 foi de 0,0001 e 4×10^{-6} , para o pH e Ca^{2+} , respectivamente, dessa forma, aproximando-se da resposta linear. Na DR de calcário foram aplicados 6,9 mmol_c de Ca por dm⁻³ de solo, sendo que 5,4 mmol_c de Ca foram recuperados na forma trocável pela extração com KCl 1 mol L⁻¹. Portanto, a reação do pó do rejeito da Pedra Cariri no solo disponibilizou 78% do conteúdo de Ca na forma trocável para o solo.

Os teores trocáveis de Mg não foram alterados pela aplicação do rejeito da Pedra Cariri. Essa resposta já era esperada, visto que o rejeito possui apenas 0,78% de MgO, o que equivale à 0,14 mmol_c de Mg por kg de solo aplicados na dose recomendada, dose esta insuficiente para ser detectada devido à variabilidade entre as repetições.

Houve diminuição dos teores de H+Al no solo pela reação do calcário. A diminuição foi de 4 mmol_c de H+Al na dose recomendada, sendo os sítios do complexo sortivo do solo substituídos por Ca²⁺.

As alterações nos teores de Ca²⁺ e H+Al do solo foram refletidas na soma de bases e consequentemente na saturação por bases e saturação por alumínio no solo, havendo elevação da soma de bases do solo em 8,4 mmol_c dm⁻³. Acumulando o efeito da adição de Ca e de outras bases, como K e Mg, embora essas últimas não tenham sido alteradas individualmente.

Tabela 2 – Análise química do solo após 3 meses de incubação sem calcário (T1), 50% (T2), 100% (T3) e 200% (T4) da dose recomendada do rejeito da Pedra Cariri e dose equivalente à 100% da dose recomendada, porém utilizando calcário calcítico comercial (T5).

	pH (H₂O)	CE	Ca	Mg	K	(H⁺ Al)	Al	SB	V	m	PST
T	-	dS/m	mmolc/dm³						%		
1	5,04	0,662	13,8	6,8	1,58	23,8	1,6	24,4	50,4	6,6	4,4
2	5,4	0,686	15,4	8,0	1,72	21,4	1,5	27,4	56,4	5,2	4,8
3	5,62	0,706	19,2	9,6	1,72	19,8	1,0	32,8	62,2	3,0	4,4
4	6,18	0,686	23,8	9,4	1,92	13,9	0,9	37,2	72,8	2,2	4,0
5	5,64	0,634	16,0	10,8	1,66	21,1	0,7	30,6	59,0	2,6	3,6
R	Q**	-	Q**	-	-	Q**	Q*	Q*	Q**	Q**	-
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*

T – Tratamentos; * - significativo P<0,05; ** - significativo P<0,01; R – Regressão;
a – Contraste entre os tratamentos 3 e 5; Q - regressão quadrática.

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de contraste realizada entre os tratamentos T3 e T5 não revelou diferenças significativas entre a calagem utilizando o rejeito da Pedra Cariri e o calcário calcítico de origem comercial para a maioria das variáveis. A única variável em que houve diferença significativa entre o T3 e T5, a uma probabilidade de até 5%, foi o percentual de sódio trocável (PST).

Não houve variação significativa na análise de variância em nenhuma das variáveis analisadas em relação ao desenvolvimento das plantas de alface, numa probabilidade de 5%, em relação à dose de calcário aplicada (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias para os parâmetros Peso Fresco da Parte Aérea (PFPA), Peso Seco da Parte Aérea (PSPA), Diâmetro, Altura, Número de Folhas Total (NFT), Número de Folhas Vivas (NFV) e Peso Fresco das Raízes (PFR) das plantas de alface para cada uma das doses de calcário (tratamentos) aplicadas no cultivo. Análise de variância entre todos os tratamentos (T1 a T5) e análise de contraste entre a dose recomendada do rejeito de pedra Cariri e calcário calcítico comercial (T3 vs T5), analisando a variação entre todos os parâmetros a um nível de significância de até 5% de probabilidade.

Tratamentos (T)	PFPA (g)	PSPA (g)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	NFT	NFV	PFR (g)
1	139,5	9,5	32,48	19,9	27,6	24,8	10,4
2	134,8	8,1	34,6	20,68	28,2	26	8,6
3	167,4	11,9	36,18	22,6	32,8	30,8	11,2
4	135,9	7,8	37,0	21,3	28,6	26,6	7,1
5	151,3	9,5	37,28	21,74	30,0	27,6	9,5
Análise de Variância	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T3 vs T5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	23,88	41,17	11,34	11,43	14,7	14,08	52,59

ns – não significativo.; CV(%) – Coeficiente de Variação.

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com as recomendações para o cultivo de alface, o pH do solo deve estar entre 6 e 6,8 (MAYNARD; HOCHMUTH, 2007) e a saturação por bases em torno de 80% (TRANI *et al.*, 2014). Portanto era de se esperar respostas positivas no desenvolvimento da cultura, visto que tanto o pH do solo quanto o V% foram corrigidos para valores próximos à faixa recomendada nos tratamentos com as maiores dosagens de calcário. No entanto, não foram verificados efeitos da calagem no desenvolvimento da planta. Resultado semelhante encontrou Feltrim *et al.* (2009), quando comparou a produção de alface em dois períodos do ano e, conseqüentemente, duas faixas de temperaturas distintas; mesmo realizando a calagem, observou-se uma redução de 29% na massa fresca da parte aérea da alface produzido no verão

(temperatura média de 24,2°C) em comparação à alface produzida no inverno (temperatura média de 19,9°C). Assim, houve um efeito negativo da temperatura sobre o desenvolvimento da planta.

Um ponto importante que deve ser observado é que o potencial produtivo dessa cultivar não foi alcançado, onde a massa fresca média de plantas obtida foi de 146 g planta⁻¹, e Oliveira *et al.* (2004), ao produzir alface cv Lucy Brown em sistema hidropônico, onde pressupõe-se condições ideais de desenvolvimento, encontrou peso fresco médio de plantas de 316,6 g planta⁻¹. Santi *et al.* (2010) também obteve uma média maior, 315,27 g planta⁻¹, ao também utilizar a cultivar Lucy Brown. A mesma tendência foi observada quanto à massa seca, onde no presente trabalho observou-se uma média de 9,4 g planta⁻¹, enquanto Feltrim *et al.* (2005) obteve média de 19,72 g planta⁻¹, também com a cultivar Lucy Brown em pH do solo igual a 6,2. Isso revela que outros fatores além da condição de acidez do solo limitaram o crescimento das plantas de alface.

O teor de potássio e magnésio para o tratamento onde foi aplicada a maior dose do pó do rejeito foi de 1,92 e 9,4 mmol_c dm⁻³, respectivamente, valores considerados médios, segundo Raij *et al.* (1997). Enquanto que os teores de cálcio passaram de níveis médios no tratamento controle (13,8 mmol_c dm⁻³) para teores altos no tratamento com maior dosagem (23,8 mmol_c dm⁻³) (RAIJ *et al.*, 1997). Já a salinidade apresentou-se em nível favorável ao desenvolvimento da alface, mantendo uma média de 0,68 dS/m, valor dentro do limite determinado por Ayers e Westcot (1985) que é de 1,3 dS/m, quando valores além deste levam a uma redução do rendimento produtivo.

Desse modo, os fatores relacionados à fertilidade e acidez do solo não parecem ser responsáveis pela menor produtividade da alface em comparação com dados obtidos na literatura para essa mesma cultivar (OLIVEIRA *et al.*, 2004; FELTRIM *et al.*, 2005; SANTI *et al.*, 2010). É provável que outros fatores, como as condições ambientais, sejam responsáveis pela limitação do potencial produtivo, como, por exemplo, as altas temperaturas observadas no período, em média 28°C (INMET, 2016). Segundo Jackson *et al.* (1996), a temperatura ideal para o desenvolvimento da alface americana é de 23°C durante o dia e 7°C à noite. Ainda, a ausência de resposta da cultura para a correção da acidez pode ser devido às altas dosagens de fertilizante orgânico, que amenizam os efeitos da acidez do solo no desenvolvimento das plantas.

Não foram observadas diferenças no desenvolvimento das plantas entre os contrastes dos tratamentos padrão do rejeito da Pedra Cariri e do calcário comercial. Essa resposta já era esperada, visto que não houve diferenças entre esses tratamentos nas variáveis analisadas do solo. Com exceção do PST, onde ocorreu uma elevação de cerca de um ponto percentual no tratamento de rejeito da Pedra Cariri, portanto, sem significância prática. Esses resultados comprovam que o pó do rejeito da Pedra Cariri não possui resíduos de contaminantes que poderiam causar problemas para o desenvolvimento das plantas, como por exemplo observado por Prado *et al.* (2002), que avaliou a ação de escória de siderurgia como corretivo do solo, encontrando altos teores de Mn que limitaram o desenvolvimento da planta e teores de Zn acima do permitido pela legislação de alimentos (ABIA, 1985).

Conclusões

O rejeito da Pedra Cariri se mostrou um bom agente neutralizador de acidez do solo, pois além de elevar o pH num período de 3 meses de incubação em estufa, reduziu os teores de acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial ($H + Al$) e saturação por alumínio (m) no solo experimentado;

Como insumo agrícola, o rejeito da Pedra Cariri mostrou uma boa eficácia, pois elevou os teores de cálcio (Ca^{2+}), de soma bases trocáveis (SB) e saturação por bases (V) do solo experimentado;

Não houve resposta no desenvolvimento da alface em relação à correção da acidez do solo em nenhuma das doses aplicadas, mesmo sob condições adequadas de pH, V%, teores de nutrientes e salinidade;

Os efeitos proporcionados pelo pó do rejeito da Pedra Cariri foram semelhantes aos do calcário comercial;

O pó do rejeito da Pedra Cariri tem potencial para ser comercializado como insumo agrícola e, assim, proporciona-se uma nova utilidade para esse material, a fim de diminuir o volume das pilhas de rejeitos e, conseqüentemente, os impactos ambientais causados pelas mesmas.

Referências

ABIA - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Compendio da legislação de alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos**. São Paulo, 1985. Não paginado, 1985.

ASSINE, M. L. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe. **Revista Brasileira de Geociência**. Rio de Janeiro, v.22, p. 289-300, 1992.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Irrigation and Drainage Paper: Water Quality for Agriculture**. Roma/It, Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). 107 p, 1985.

BALBINOT JR, A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A.; TEIXEIRA, J.R. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alface pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 9–15, 2006.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; DE SOUZA, E.C.A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 45, p. 579–588, 1988.

BEZERRA N.F.; ANDRADE, F.V.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS Jr, J.J. Desempenho agroeconômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixa. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 21, p. 635–641, 2003.

BRASIL. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, Ministério da Agricultura: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. 104p, 1983.

BRASIL. Instrução Normativa n.27, de 05 de junho de 2006. Aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 110, p. 15, 2006.

CASTRO, N. F.; CAMPOS, A. R.; VIDAL, F. W. H. Melhoras técnicas na lavra e na proteção do patrimônio e meio ambiente do Arranjo Produtivo Local de Calcários do Cariri - CE. In: **I Jornada do Programa de Capacitação Institucional**, CETEM, Rio de Janeiro, RJ. **Resumos expandidos**, p. 21-25, 2007.

CORREIA, J.C.G.; VIDAL, F.W.H. & RIBEIRO, R.C.C. Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará. In: **V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. Resumos expandidos, p. 65-73, 2006.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**, 2.ed. rev. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 230 p. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, RJ, 212 p, 1997.

FELTRIM, A.L.; FILHO, A.B.C.; REZENDE, B.L.A.; BRANCO, R.B.F. Produção de alface-crespa em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Científica**, Jaboticabal, v. 37, p. 9-15, 2009.

FELTRIM, A.L.; FILHO, A.B.C.; BRANCO, R.B.; BARBOSA, J.C.; SALATIEL, L.T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 505-509.

FERREIRA, R.de P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. São Carlos, EMBRAPA. 35 p. 2005. 2006.

GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H; TOPP, C.G., (ed.). **Methods of soil analysis**. Soil Science Society of America, p. 255-293, 2002.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 07 de Dez. 2016.

JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHLUBACK, K.; CHANEY, W. Iceberg lettuce production in California. **Agriculture and Natural**, Bangkok v. 2, p. 4–11, 1996.

KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, S.J.; BECKER, F. Corretivos da acidez do solo. In: **Seminário Sobre Corretivos da Acidez do Solo**, 2, Santa Maria, p. 210 – 218, 1989.

MAYNARD, D.N.; HOCHMUTH, G.J. Knott's handbook for vegetable growers. **John Wiley & Sons**. s.l., v. 5, n. 68–93, 2007.

OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.P.; GARCIA, S.L.R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

PRADO, R.D.M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília v. 37, n. 4, p. 539-546, 2002.

RAIJ, B.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 285 p. (Boletim técnico, 100), 1997.

SANTI, A.; CARVALHO, M.A.; CAMPOS, O.R.; DA SILVA, A.F.; DE ALMEIDA, J.L.; MONTEIRO, S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 28, n. 1, p. 87–90, 2010.

SAS® University Edition - Statistical Analyses System - SAS/University Edition, © 25 SAS Institute Inc.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correlação. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; DE BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; Lima, J.C. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Editora Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205-275, 2007.

TANAMATI, F.Y. **Fontes e Doses de Corretivos de Acidez do Solo na Nutrição e Produção de Alface**. Programa de Pós-graduação em Agronomia: Horticultura, Universidade Estadual Paulista, Dissertação de Mestrado, 73p., 2012.

TRANI, P.E.; PURQUERIO, L.F.V.; FIGUEIREDO, G.J.B.; TIVELLI, S.W.; BLAT, S.F. Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula. **O Agrônomo**, Campinas, v. 66, p. 32-45, 2014.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. O Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE – Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Serviço

Geológico do Brasil (CPRM), Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p. 113-120, 2002.

VIDAL, F.L.H. Oportunidades e desafios para o fortalecimento do APL calcário Cariri-CE. **Dissertação** (Especialização para Formação de Agentes Gestores de Arranjos Produtivos Locais). Universidade de Fortaleza – UNIFOR, 2010.

VIDAL, F. W.H; PADILHA, M. W. M. **A indústria extrativa da pedra cariri no estado do Ceará**. IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. **Anais...** Fortaleza, CE, p. 199-210, 2003.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M.; OLIVEIRA, R. R. Aspectos geológicos da Bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri – Ceará. In: **V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. Resumos expandidos, p. 31-36, 2005.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, s.l., v. 19, p. 1467-1476, 1988.

6 REJEITO DA MINERAÇÃO DE CALCÁRIO LAMINADO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E NA NUTRIÇÃO DO FEIJOEIRO

RESUMO

O calcário laminado pertencente ao Membro Crato da Formação Santana, que compõe a estratigrafia da Bacia do Araripe, é comercialmente conhecido por Pedra Cariri e é explorado há mais de 70 anos como rocha ornamental. Em Nova Olinda - CE, a sua exploração vem causando uma série de impactos ambientais por conta da elevada geração e estoque resíduos na localidade. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar uma possibilidade de destinação para esses resíduos, através da utilização do pó do resíduo da Pedra Cariri no processo de calagem em solo ácido, onde, para isso, fez-se necessário avaliar os efeitos da calagem na fertilidade do solo, na nutrição de plantas cultivadas nesse solo e na produtividade dessas plantas. O experimento consistiu de calagem e cultivo de feijão após o período de reação do calcário. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos (T) consistiram de: controle, ou sem aplicação de calcário (T1); 50 % (T2), 100 % (T3) e 200 % (T4) da dose recomendada, para elevar a saturação por bases do solo para 60 %. Foi cultivado feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), variedade crioula, ao final do período de calagem. O resíduo da Pedra Cariri apresentou potencial, pois foi eficiente na correção da acidez do solo, elevando o pH a níveis satisfatórios e reduzindo os teores acidez trocável, acidez potencial e percentagem de saturação por alumínio, além de ocasionar variações significativas nos teores potássio, magnésio, enxofre, ferro e manganês no tecido vegetal dos feijoeiros. Não foi detectado nenhum sintoma de toxidez ou deficiência de nutrientes nas plantas. Não houve variação significativas na produtividade, porém os valores obtidos foram superiores a trabalhos realizados com o mesmo cultivar.

Palavras-chave: Subproduto da mineração. Pedra Cariri. Calagem

ABSTRACT

The laminated limestone that composes the stratigraphy of the Araripe Basin, belonging to the Crato Member of the Santana Formation, is commercially known as Pedra Cariri and has been explored for more than 70 years as ornamental rock. In the municipality of Nova Olinda - CE, one of the state's largest producers, this exploration has caused a series of environmental impacts due to the high generation and stock of high amounts of residues in the locality. The objective of this research was to evaluate the possibility of a destination for these residues, through the use of the Pedra Cariri residues powder in the liming process in acid soil, where, for this, it was necessary to evaluate the effects of limestone incorporation on soil fertility, on the nutrition of plants grown in this soil and on the productivity of these plants. The experiment consisted of liming and bean cultivation after the period of limestone reaction. The experimental design was randomized blocks, with 4 treatments and 5 replicates. The treatments (T) consisted of: control, or without application of limestone (T1); 50 % (T2), 100 % (T3) and 200 % (T4) of the recommended dose, in order to increase the soil base saturation to 60%. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), a creole variety, was grown at the end of the liming period. The Pedra Cariri residue presented potential, because it was efficient in the correction of soil acidity, raising the pH to satisfactory levels and reducing the exchangeable acidity, potential acidity and percentage of saturation by aluminum, besides causing significant variations in the potassium, magnesium, sulfur, iron and manganese contents in the plant tissue of the beans. In addition, no symptoms of toxicity or nutrient deficiency were detected in plants. There was no significant variation in productivity, but the values obtained were higher than the work done with the same cultivar.

Keywords: By-product of mining. Cariri Stone. Liming.

Introdução

A extração de calcário sedimentar laminado, denominado Pedra Cariri, constitui-se na principal atividade econômica dos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, no sul do Ceará. Pertencente ao Membro Crato da Formação Santana, e depositado durante o Cretáceo Inferior (cerca de 120 milhões de anos) (VIANA; NEUMANN, 2002), esse calcário vem sendo explorado há cerca de 30 anos para aplicação como piso e revestimento de fachadas na forma de lajotas (VIDAL *et al.*, 2007).

No método de lavra e beneficiamento da Pedra Cariri, verifica-se, em todas as suas etapas, uma grande quantidade de material desperdiçado devido à utilização de tecnologias inadequadas às condições das jazidas, além da falta de acompanhamento técnico especializado (VIDAL *et al.*, 2006).

Segundo CETEM (2005), em toda a cadeia produtiva, desde a lavra até o beneficiamento, há uma perda estimada em 70% de material ao final de todo o processo, podendo atingir até 90% se contabilizado o grande volume de material de cobertura ou volumes superficiais sem qualidade para atender ao uso como revestimento. Os autores concluíram que o volume contido nos depósitos de resíduos das pedreiras totalizava, até então, em torno de 1.030.000 m³, sendo 755.000 m³ em Nova Olinda e 275.000 m³ em Santana do Cariri, correspondendo a 2,4 milhões de toneladas.

Segundo Viana & Neumann (2002), a atividade mineira nos calcários vem proporcionando, além da destruição do riquíssimo patrimônio fossilífero, degradação da paisagem local, através do assoreamento de riachos e do aumento de zonas de erosão. Castro *et al.* (2007) afirmam que os principais problemas ambientais referentes à extração da Pedra Cariri são a retirada do capeamento de estéril, formação das pilhas de resíduos provenientes da lavra e os resíduos sólidos do beneficiamento, erosão das encostas e áreas desmatadas e o assoreamento de riachos e do rio Cariús, principal rio da região.

Além de melhorias nas técnicas de lavra e beneficiamento da Pedra Cariri, são necessárias novas pesquisas que visem uma utilização industrial desses resíduos, objetivando tanto a diminuição das pilhas de resíduos já existentes como uma diminuição na geração desse material.

Trabalhos realizados relatam a possibilidade de utilização de pó de rocha no enriquecimento mineral e na correção de acidez de solos (FYFE *et al.*, 2006; THEODORO;

LEONARDOS, 2006). Essa técnica tem mostrado efeitos positivos sobre a qualidade química de solos degradados (SILVA *et al.*, 2008) e representam uma alternativa de baixo custo e ambientalmente segura para agricultores de países em desenvolvimento (STRAATEN, 2006). Além disso, o uso de resíduos de rocha como matéria-prima em outros processos produtivos pode transformar resíduos em subprodutos úteis, diminuindo as grandes quantidades que são depositadas em aterros e contribuindo com a minimização dos impactos ambientais (MANHÃES; HOLANDA, 2008).

A correção da acidez dos solos ácidos se faz necessária por elevar o pH do solo a nível satisfatório de modo a proporcionar um melhor desenvolvimento da cultura, corrigir deficiências de cálcio e magnésio, eliminar a toxidez do alumínio trocável, melhorar o ambiente físico para as raízes e melhorar o aproveitamento dos fertilizantes (AQUINO, 1993). A correção da acidez do solo é usualmente realizada pela aplicação de rochas calcárias moídas, num processo denominado calagem.

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação do resíduo da Pedra Cariri na correção da acidez do solo, através de análises na fertilidade do solo, na nutrição e produtividade de plantas cultivadas nesse solo.

Material e Métodos

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com 4 tratamentos e 5 repetições, gerando um total de 20 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de: controle, ou sem calagem, (T1), 50% (T2), 100% (T3) e 200% (T4) da dose recomendada (DR) do resíduo da Pedra Cariri. A DR foi definida a partir da análise inicial do solo com objetivo de elevar a saturação por bases para 60%.

A unidade experimental foi constituída por parcela de 9 m² (3 m por 3 m). A área útil da unidade experimental foi determinada eliminando-se 0,5 m de borda dos 4 lados da parcela, totalizando uma área útil de 4 m² (2 m por 2 m).

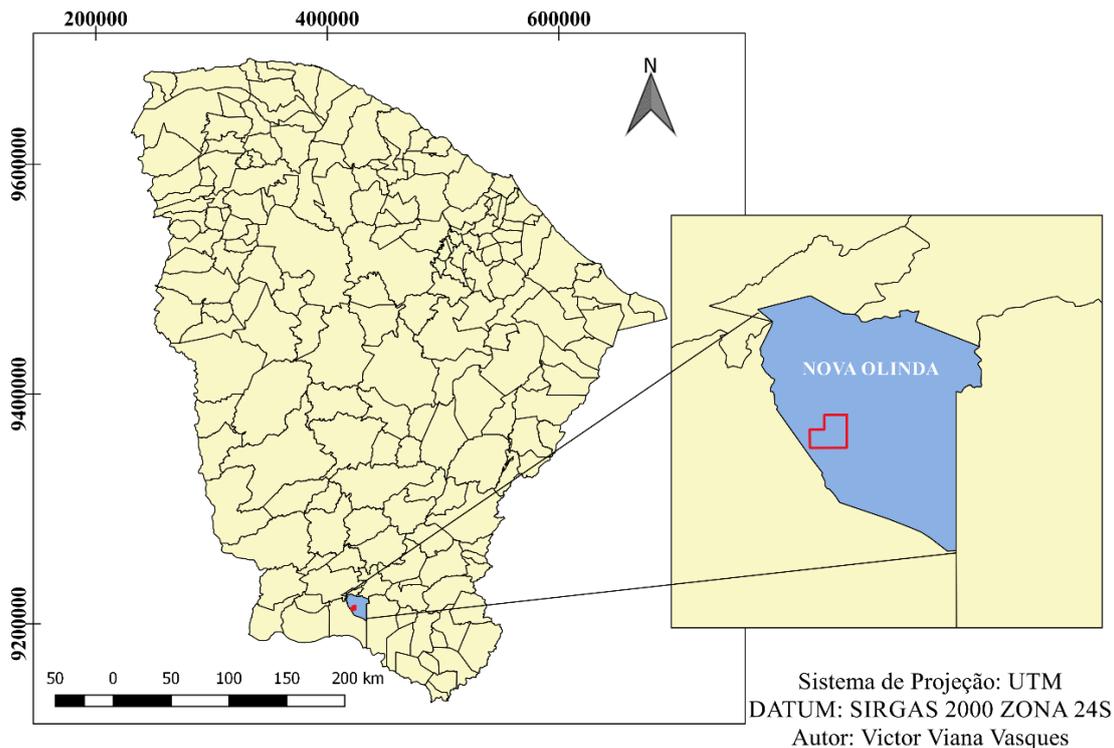
Coleta do resíduo e moagem

O resíduo do calcário utilizado no experimento foi coletado na mina de extração da Pedra Cariri localizada no município de Nova Olinda (figura 1). Foram coletadas 30 amostras de resíduos espalhadas por toda a área da mina.

Esse material foi moído em três etapas, passando por britado de mandíbulas, moinho de discos e moinho de panelas, até chegar a um pó de granulometria muito fina. O pó foi

peneirado em peneira de 80 mesh, com granulometria inferior a 0,177 mm, afim de garantir a sua completa reação no solo.

Figura 1 – Mapa do estado do Ceará com destaque no município de Nova Olinda. Em vermelho, a área da mina de extração da Pedra Cariri.



Fonte: elaborado pelo autor.

Caracterização do solo

A área utilizada para o estudo está localizada no interior do Campus do Pici em Fortaleza - CE e faz parte do Grupo de Estudos e Práticas em Permacultura – GEPPE. Esse solo foi selecionado com base em sua acidez ativa, apresentando pH em água igual a 4,9.

Foi realizada caracterização física e química do solo de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Realizou-se análise de granulometria (teores de areia, silte e argila) pelo método da pipeta e densidade aparente do solo pelo método do anel volumétrico. Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram determinados em extrato de KCl 1 mol L^{-1} ; H^+ e Al foi determinado em acetato de cálcio; K^+ e Na^+ foram determinados em HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. A concentração de N total foi determinada pelo método semimicro Kjeldahl em extratos de digestão sulfúrica. O carbono orgânico foi determinado de acordo com o método descrito por Yeomans e Bremner (1988), que é realizada uma oxidação da matéria orgânica por via úmida

com dicromato de potássio na presença de ácido sulfúrico e aquecimento externo, e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.

O solo foi classificado conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1999), tratando-se de um Argissolo Vermelho Amarelo, franco arenoso, com 74,7% de areia, 11,3% de argila e 14,0% de silte.

Caracterização do calcário e recomendação de calagem

A caracterização química do resíduo calcário coletado em Nova Olinda foi realizada através de análise em Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (MEV/EDS) da marca Hitachi e modelo TM-300 EDS SWIFT ED3000. O resíduo apresenta: 52,03% de CaO; 1,46% de MgO; 0,46% de SiO₂; 0,04% de Al₂O₃; 0,12% de Na₂O; 0,15% de SO₃; 45,72% de CO₂.

O Poder de Neutralização (PN) foi determinado em laboratório de acordo com o procedimento oficial da legislação brasileira (BRASIL, 1983), pelo método denominado simplificado e o valor obtido foi de 99,37%. Foi assumido reatividade (R) de 100%, pois o calcário foi moído e peneirado em peneira de 80 mesh, granulometria inferior ao estabelecido pela norma para a obtenção de 100% de reatividade.

Seguindo a metodologia descrita por Bellingieri *et al.* (1988), foi determinado o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), conforme a equação 1.

Equação 1 – Cálculo do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

$$PRNT = \frac{(PN \times RE)}{100}$$

(PN) – Poder de Neutralização; (RE) – Reatividade.

Assim, o valor de PRNT do rejeito da Pedra Cariri foi de 99,37%.

A necessidade de calagem (NC) de calcário foi determinada de acordo com Sousa *et al.* (2007) pelo método da saturação por bases (V), conforme a equação 2.

Equação 2 – Determinação da Necessidade de Calagem (NC) através do método de saturação por bases.

$$NC \text{ (t/ha)} = T * \frac{(Ve - Va)}{100}$$

NC = necessidade de calcário, em t/ha (com PRNT 100%); Va = saturação por bases desejada, em %; Ve = saturação por bases do solo, em %, fornecida no laudo de análise; T = CTC (capacidade de troca de cátions do solo), em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} = (\text{H+Al}) + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$.

A saturação por bases desejada (Va) foi igual a 60%; a percentagem da saturação por bases do solo (Ve), obtida por análise química, foi de 49,6%; a CTC do solo foi de 5,38 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Assim, a NC de calagem foi de 0,559 t ha^{-1} para o pó do rejeito da Pedra Cariri. Portanto a dose recomendada – DR para uma parcela de 9 m^2 de solo foi de 503 g.

Incorporação de calcário no solo

As respectivas DR do pó do resíduo da Pedra Cariri foram incorporadas a uma camada de 20 cm de solo. A calagem foi realizada em fevereiro de 2017 e mantida em pousio durante 8 meses, no intuito de garantir a completa reação do calcário durante o período chuvoso na região, que vai de fevereiro a junho.

Irrigação

Um sistema de microaspersão foi implementado na área experimental anteriormente ao plantio de feijão. O espaçamento entre as linhas de microaspersores foi de 3 metros e o espaçamento entre microaspersores dentro das linhas foi de 2,5 m. O teste de uniformidade revelou Coeficiente de Uniformidade de Christansen – CUC igual 97%, Coeficiente de Uniformidade Estatística – Us igual a 70,35% e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD igual a 62,8%. Valores considerados excelente, razoável e razoável, respectivamente, e dentro dos padrões aceitáveis (MANTOVANI, 2001).

Antes do plantio de feijão foi aplicada lâmina d'água suficiente para que a umidade do solo atingisse a capacidade de campo. A umidade foi mantida a partir de irrigações diárias, cuja lâmina foi calculada pela multiplicação da evapotranspiração potencial estimada a partir de dados obtidos em estação agrometeorológica e pelos coeficientes de cultura (Kc) nos diferentes estágios de desenvolvimento dos feijoeiros.

Adubação

A adubação foi realizada uma semana antes do plantio dos feijoeiros, e ocorreu através da incorporação de composto orgânico nas linhas de cultivo. Foram aplicados 0,66 kg de composto orgânico por metro de linha de cultivo, equivalente a aproximadamente 13,3 t ha⁻¹.

Foi realizada avaliação nutricional do composto orgânico. As amostras foram secas a 65° C, homogêneas e quantificados os teores de carbono orgânico total por combustão úmida (Walkey Black), com dicromato de potássio e ácido sulfúrico na presença de calor externo e titulação com sulfato ferroso amoniacal; nitrogênio total (N) por digestão úmida com ácido sulfúrico e titulação após destilação pelo método do microdestilador (Kjeldahl); fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) por digestão úmida com ácido sulfúrico e determinação por espectrofotometria com azul-de-molidênio (P), fotometria de chama (K e Na) e espectrometria de absorção atômica (Ca e Mg); enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) por digestão úmida nitro- perclórica e determinação por espectrofotometria (S) e espectrometria de absorção atômica (Cu, Zn, Fe e Mn); boro (B) por incineração a 550° C e determinação por espectrofotometria.

Os teores de macronutrientes obtidos foram: 1% de N, 0,03% de P; 1,24% de Ca; 0,08% de Mg; 0,08% de S; não foi detectado K na amostra. Os teores de micronutrientes obtidos foram: 1824 mg kg⁻¹ de Fe; 33 mg kg⁻¹ de Zn; 4 mg kg⁻¹ de Cu; 68 mg kg⁻¹ de Mn; 220 mg kg⁻¹ de Na; não foi detectado boro na amostra. E ainda 8,52% de umidade, 8,02% de carbono, 14,43% de matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio (C/N) igual a 8 e pH igual a 6,2.

Plantio do feijão

Sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), variedade crioula foram plantadas no dia 20 de outubro de 2017. A unidade experimental foi constituída por seis linhas de plantio, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e de 0,2 m entre covas na mesma linha. Foram plantadas 2 sementes por cova nas 4 linhas localizadas no interior da área útil de cada unidade experimental, e 1 semente por cova nas duas linhas fora da área útil das unidades experimentais.

Avaliações

Coleta e análise química do solo

A amostragem de solo foi realizada ao final do período de reação do calcário em setembro de 2017, antes do plantio do feijão. Foram coletadas 10 subamostras de solo, da camada de 0-20 cm de profundidade, as subamostras foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta por parcela. O solo foi seco ao ar, peneirado em peneira malha 2 mm e submetido a análises químicas de rotina para fins de fertilidade descritas pela EMBRAPA (1997), para determinação de: pH em água; cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}) em KCl 1 mol L^{-1} ; Na^+ e K^+ em HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$; H^+ Al em acetato de cálcio 1 mol L^{-1} . A partir desses resultados obteve-se: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), percentual de saturação por alumínio (m%), percentual de saturação por bases (V%) e percentual de sódio trocável (PST).

Coleta e análise nutricional de tecido vegetal

A amostragem de folhas para diagnose nutricional foi realizada durante o início do florescimento das plantas de feijão, conforme recomendação de Malavolta *et al.* (1997). Foram amostradas 20 plantas por parcela, coletando-se o terceiro trifólio a partir da ponta do ramo, que corresponde ao primeiro trifólio maduro. Os trifólios foram armazenados em sacos de papel, identificados e levadas para laboratório, onde foram lavadas com detergente neutro, depois com água destilada e secos em estufa a 65°C até peso constante.

Foram determinados os teores de N-total, pelo método Kjeldhal, com extração do N total por meio de digestão com ácido sulfúrico + sulfato de Cu e sulfato de K; os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Mn, Cu por digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato (P- colorimetria; K- fotometria de chama; S- turbidimetria; Ca, Mg, Zn, Mn, Cu Fe e B- espectrofotometria de absorção atômica), conforme a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974) e Malavolta *et al.* (1997).

Produtividade

Todas as vagens das plantas da área útil das unidades experimentais foram coletadas manualmente, de acordo com o amadurecimento das mesmas, a partir do dia 5 de janeiro, 65 dias após a semeadura. Os grãos foram extraídos das vagens, secos e pesados em balança com precisão de 0,1 g. A produção de grãos por parcela foi convertida para produtividade, expressa em t ha^{-1} .

Análises estatísticas

Todas as variáveis relacionadas ao solo, às plantas e à produtividade foram submetidas a análise de variância. Pela análise de variância, as variáveis que apresentaram efeito significativo dos tratamentos, com probabilidade maior que 95%, foram submetidas a análise de regressão. A análise de regressão foi realizada para verificar os efeitos quantitativos dos tratamentos aplicados sobre a fertilidade do solo, nutrição das plantas e produtividade. Também foi realizada análise de correlação para determinar o grau correlação (r) entre os níveis de variações dos parâmetros que compõem fertilidade do solo, do tecido vegetal e a produtividade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS® *University Edition*.

Resultados e discussão

Efeito da calagem na fertilidade do solo

A análise de variância conjunta dos dados referentes à fertilidade do solo detectou efeito significativo dos tratamentos sobre o pH, acidez potencial ($H+Al$), acidez trocável (Al^{3+}) e percentagem de saturação por alumínio (m) (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos parâmetros do solo mediante doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas nos tratamentos.

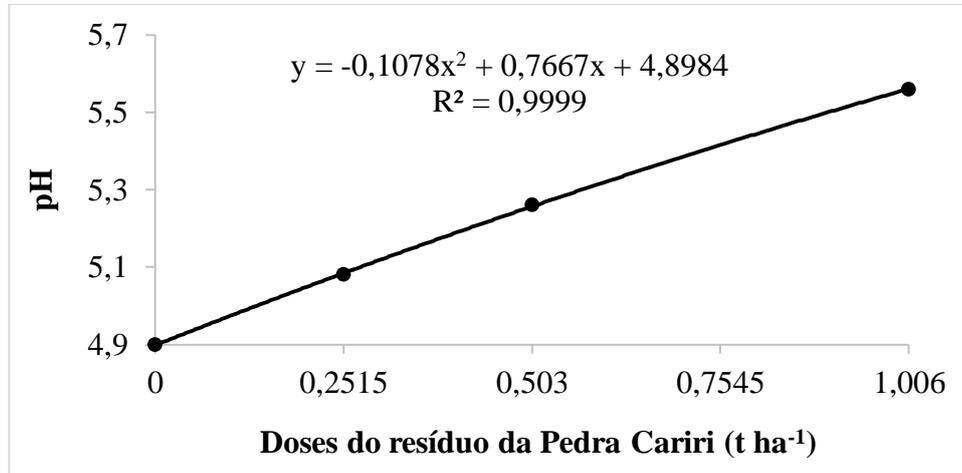
Variáveis	Fontes de Variação			C.V
	Tratamento	Bloco	Erro	
	----- Quadrados médios -----			%
pH	0,396*	0,303	0,098	6,02
C.E	0,003	0,003	0,004	22,5
Ca	0,606	0,399	0,424	33,5
Mg	0,040	0,253	0,118	33,5
Na	0,005	0,003	0,002	99,38
K	0,001	0,002	0,002	23,5
H+Al	0,468*	0,077	0,137	15,5
Al	0,030*	0,008	0,004	34,65
S	0,550	0,711	0,631	25,4
T	0,014	0,421	0,493	12,8
V	172,05	76,425	75,425	15,3
m (%)	43,8*	15,075	10,175	52,2
PST	0,316	0,3	0,4	43,6
C	1,335	1,863	2,044	18,9
N	0,016	0,023	0,031	23,2
C/N	0,183	0,425	0,725	8,4
M.O	3,973	5,549	6,077	18,9
P	0,0005	0,325	0,625	30,4

CV (%) = Coeficiente de variação; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: elaborado pelo autor.

Houve efeito quadrático da calagem sobre o pH do solo, diminuindo-o de alta acidez no tratamento sem aplicação de calcário para média acidez em 200% da DR. Em 100% da DR o pH atingiu valor de 5,26 (gráfico 1), também considerado de média acidez segundo Aquino *et al.* (1993). Em estudos realizados em mesmo tipo de solo, Poletto *et al.* (2001), utilizando calcário com PRNT de 75,1%, e Faria, Costa e Faria (2003), utilizando calcário com PRNT de 90%, realizaram calagens e obtiveram aumentos de pH a níveis de variação próximos ao observado na pesquisa em questão.

Gráfico 1 – Alteração pH do solo na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.

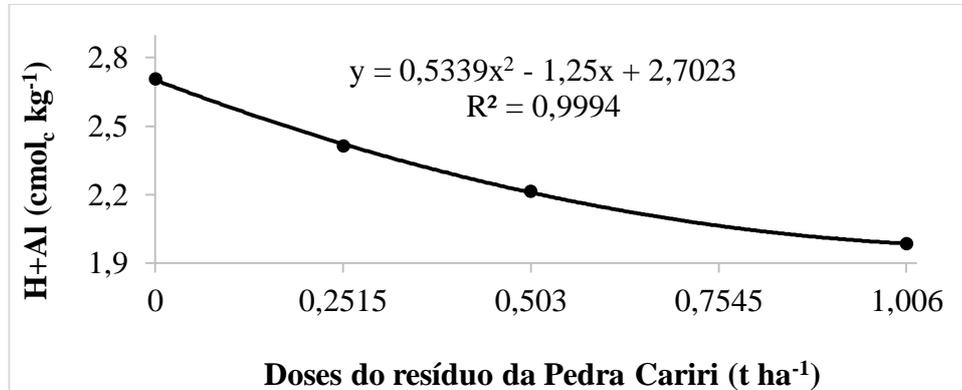


Fonte: elaborado pelo autor.

A acidez trocável (Al^{3+}) não apresentou resposta significativa ($R^2 = 0,3306$) ao teste de regressão aplicado, portanto, provavelmente, as variações obtidas no experimento não foram causadas pelas doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas nos tratamentos. Ainda assim, os valores obtidos em todos os tratamentos aplicados são considerados baixos segundo Aquino *et al.* (1993). Cabe ressaltar que não é de se esperar encontrar Al^{3+} em pH acima de 5,5 e, por conta dos valores de pH obtidos nos tratamentos, já era de se esperar baixos teores de acidez trocável. Poletto *et al.* (2001) e Faria, Costa e Faria (2003) encontraram, em 100% da DR, valores de acidez trocável de $0,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em pH 5,1 e $0,05 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em pH 6,0, respectivamente, comprovando que os valores obtidos nesta pesquisa são condizentes com pesquisas realizadas em mesmo tipo de solo.

A acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) apresentou resposta quadrática às doses do resíduo da Pedra Cariri, com R^2 igual a 0,99. Houve uma redução de $2,706 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no tratamento sem aplicação de calcário para $1,984 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em 200% da DR. Em 100% da DR o valor foi de $2,216 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (gráfico 2).

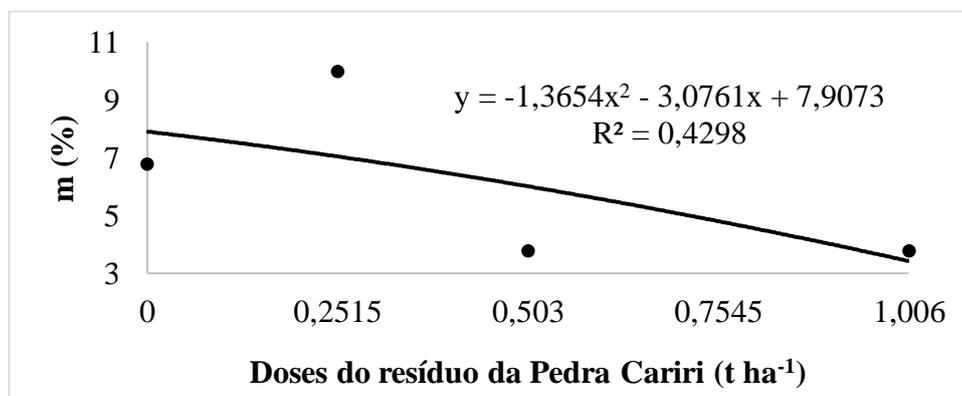
Gráfico 2 – Alteração na acidez potencial (H+Al) do solo na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.



Fonte: elaborado pelo autor.

As alterações nos teores de H+Al do solo foram refletidas na saturação por alumínio do solo (gráfico 3). Houve uma diminuição de 3% na saturação por alumínio do solo do tratamento sem calagem para o tratamento com 100% da DR, porém o baixo valor de R² obtido indica que as variações obtidas não têm relação direta com os tratamentos aplicados. A saturação por alumínio indica a proporção de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo (TEIXEIRA *et al.*, 2017), portanto, uma diminuição de m(%) indica que houve uma substituição de alumínio solúvel por bases trocáveis na CTC do solo.

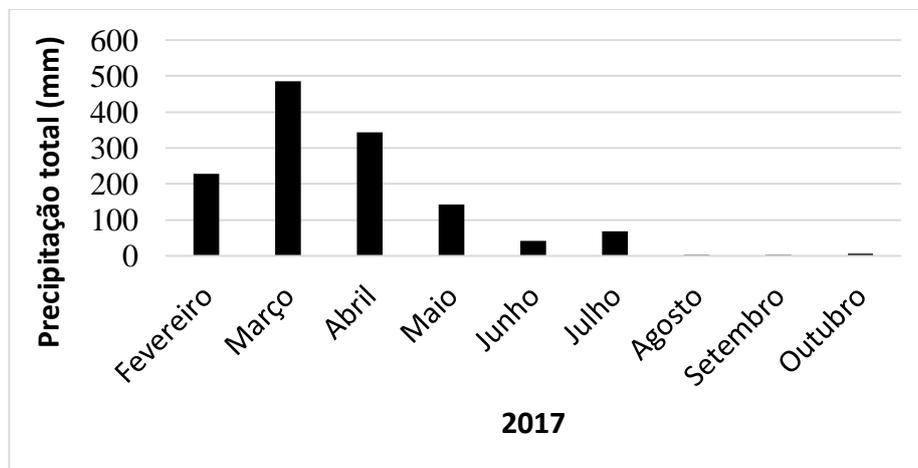
Gráfico 3 – Alteração na saturação por alumínio (m) do solo na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.



Fonte: elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que a calagem não causou variações significativas nos teores de nutrientes do solo, principalmente nos teores Ca, já que, por o resíduo calcário apresentar 52,03% de CaO na sua composição, o que representa $0,46 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Ca aplicados na DR, esperava-se uma variação significativa na concentração desse elemento. Essa falta de variação significativa pode ser explicada ou pelo alto valor do coeficiente de variação observado na análise de variâncias ou pelo tempo entre a calagem e a análise do solo, que foi de 8 meses. O tempo necessário para a reação do calcário no solo é de 3 meses, deste modo, após o período de reação, as chuvas poderiam causar a lixiviação do Ca recém disponível do solo. Porém, a precipitação pluvial após o mês de maio no município de Fortaleza foi muito baixa para justificar a lixiviação de cálcio. Porém a granulometria do calcário (inferior a $0,177 \text{ mm}$) muito fina, o que favorece uma reação mais rápida, assim como a textura franco arenosa do solo, que contribui para uma maior lixiviação, podem ser os fatores que causaram essa falta de variação nos teores de Ca no solo.

Gráfico 4 – Precipitação total mensal no município de Fortaleza durante os meses de calagem com o pó do resíduo da Pedra Cariri no experimento realizado.



Fonte: CEARÁ, 2018.

Efeitos da calagem na nutrição de plantas

A calagem causou variações significativas nos teores de potássio, magnésio, enxofre, ferro e manganês nas folhas dos feijoeiros. (Tabela 2).

Comparando os teores de macronutrientes nas folhas dos feijoeiros que obtiveram variação significativa com as faixas consideradas ideais propostas por Malavolta *et al.* (1997) para o feijão *Vigna*, verifica-se valores considerados acima do adequado pela literatura nos teores de S, enquanto que os teores de K e Mg ficaram abaixo da faixa considerada ideal.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação dos macro e micronutrientes presentes nas folhas de feijão cv *Vigna* mediante doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas nos tratamentos.

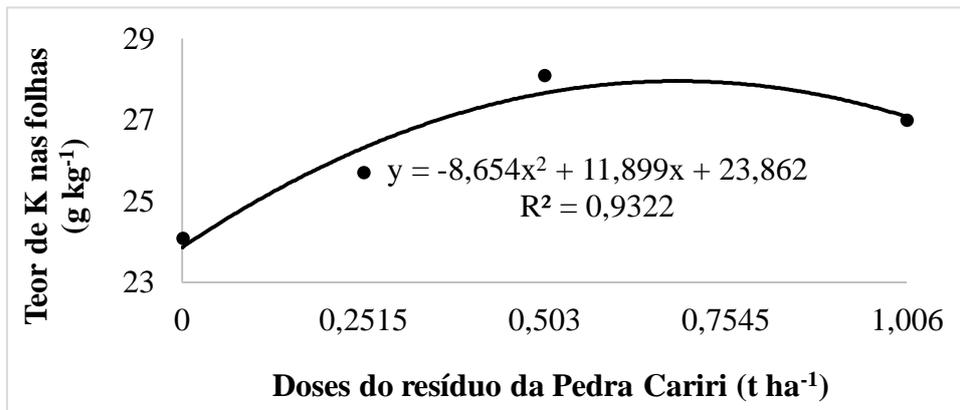
Variáveis	Fontes de Variação			C.V
	Tratamento	Bloco	Erro	
	----- Quadrados médios -----			%
N	8,60	31,87	12,95	8,00
P	0,18	0,31	0,09	9,67
K	14,95*	2,77	3,51	7,14
Ca	2,08	8,99	2,11	12,71
Mg	0,46*	0,08	0,08	6,57
S	0,18*	0,23	0,04	8,23
B	19,30	41,66	13,19	10,64
Cu	0,61	0,65	0,87	12,55
Zn	12,48	29,82	5,67	5,60
Mn	2158,43**	521,16	382,62	25,40
Fe	323,67**	75,97	31,18	10,67

CV (%) = Coeficiente de variação; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os teores foliares de K apresentaram resposta quadrática aos tratamentos, onde o ponto de inflexão da curva foi alcançado numa dose de 0,687 t ha⁻¹, chegando ao teor de 27,9 g kg⁻¹ (gráfico 5). Em todos os tratamentos aplicados, o teor de K ficou acima da faixa proposta (20,0 a 24,0 g kg⁻¹) por Raij *et al.* (1997) para o feijão *Vigna*, porém se mantiveram dentro da faixa proposta (14,0 a 31,0 g kg⁻¹) por Oliveira e Thung (1988) para o mesmo feijão.

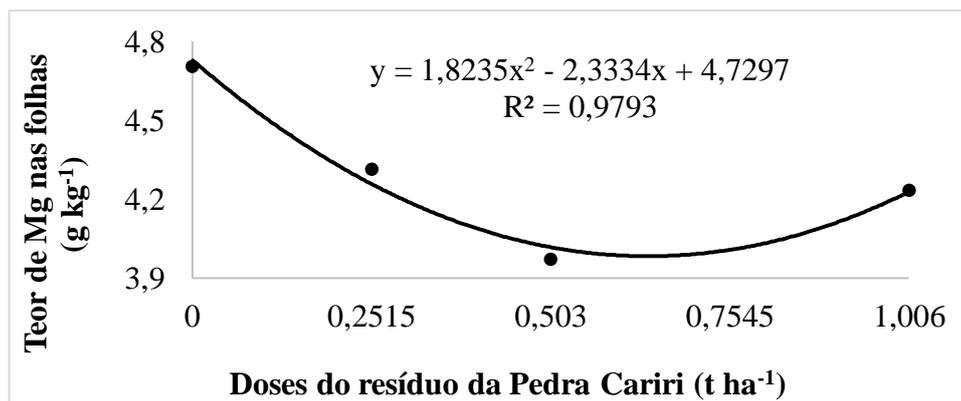
Gráfico 5 – Alteração nos teores de K na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do resíduo da Pedra Cariri aplicadas. Cada ponto é a média de 5 repetições.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os teores de Mg nas folhas responderam de forma quadrática à aplicação de calcário, com diminuição de 4,70 g kg⁻¹ no tratamento sem aplicação de calcário para 3,97 g kg⁻¹ em 100% da DR, alcançando o menor valor entre os tratamentos aplicados (gráfico 6). Apesar dos teores se manterem abaixo do proposto por Malavolta *et al.* (1997), ficaram dentro da faixa proposta (2,5 a 5,0 g kg⁻¹) por Raij *et al.* (1997).

Gráfico 6 – Alteração nos teores de Mg na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.



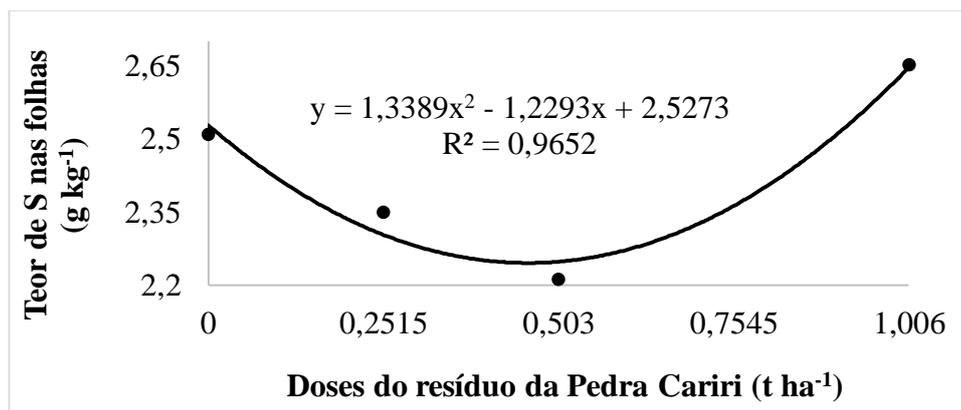
Fonte: elaborado pelo autor.

Os teores foliares de Mg obtiveram uma forte correlação inversa com os teores de potássio ($r = -0,979$), o que pode ser explicado pelo fato de que o Mg compete com o K por compostos produzidos metabolicamente, e que, portanto, há uma redução na absorção de Ca e Mg quando há presença de K em concentrações significativas (FAGERIA, 1983). O magnésio

é absorvido em menor quantidade do que o cálcio e o potássio e a competição entre estes cátions é especificamente importante para o primeiro, podendo levar à sua deficiência no campo (BENITES *et al.*, 2010).

Os teores de S nas folhas apresentaram resposta quadrática aos tratamentos aplicados, com ligeiro decréscimo de $0,38 \text{ g kg}^{-1}$ em 100% da DR com relação ao tratamento sem aplicação de calcário, chegando ao valor de $2,12 \text{ g kg}^{-1}$ e, portanto, dentro da faixa considerada ideal ($0,7$ a $2,3 \text{ g kg}^{-1}$) por Oliveira e Thung (1988), porém com todos os outros tratamentos ficaram acima da faixa. Em 200% da DR, atingiu-se o teor máximo de $2,65 \text{ g kg}^{-1}$ (gráfico 7). Nos 4 tratamentos aplicados, os teores de S se mantiveram dentro da faixa considerada ideal (2 a 3 g kg^{-1}) por Raij *et al.* (1997).

Gráfico 7 – Alteração nos teores de S na camada de $0 - 0,2 \text{ m}$ de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.



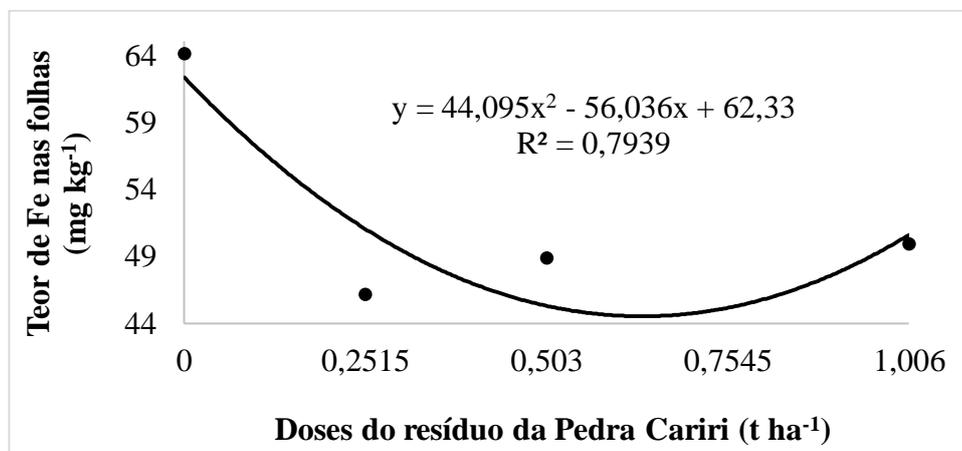
Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto aos demais macronutrientes: os teores de N ($44,97 \text{ g kg}^{-1}$) e P ($4,30 \text{ g kg}^{-1}$) se mantiveram acima da faixa considerada ideal (18 a 22 g kg^{-1} para N; $1,2$ a $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ para P) proposta por Malavolta *et al.* (1997); Os teores de Ca ($11,41 \text{ g kg}^{-1}$) se mantiveram abaixo da faixa considerada ideal (50 a 55 g kg^{-1}) proposta por Malavolta *et al.* (1997), porém se mantiveram dentro das faixas consideradas ideais por Raij *et al.* (1997) e Oliveira e Thung (1988), de 10 a 25 g kg^{-1} e de 10 a 57 g kg^{-1} , respectivamente.

Quanto aos micronutrientes essenciais, comparando os teores dos que obtiveram variação significativa, em função dos tratamentos aplicados, com as faixas propostas por Malavolta *et al.* (1997) para o feijão *Vigna*, observa-se valores considerados abaixo do adequado para os teores de Fe e acima do adequado para os teores de Mn.

Houve resposta quadrática apresentada pelos teores de Fe em relação aos tratamentos aplicados. No tratamento sem aplicação de calcário foi detectado o mais alto teor (64,14 mg kg⁻¹) e em 50% da DR atingiu o mais baixo teor (46,20 mg kg⁻¹). Em 100% e 200% da DR aumentaram e chegaram a 48,92 mg kg⁻¹ e 49,98 mg kg⁻¹, respectivamente (gráfico 8). Em todos os tratamentos aplicados, os teores ficaram dentro da faixa proposta (40,0 a 140,0 mg kg⁻¹) por Raij *et al.* (1997).

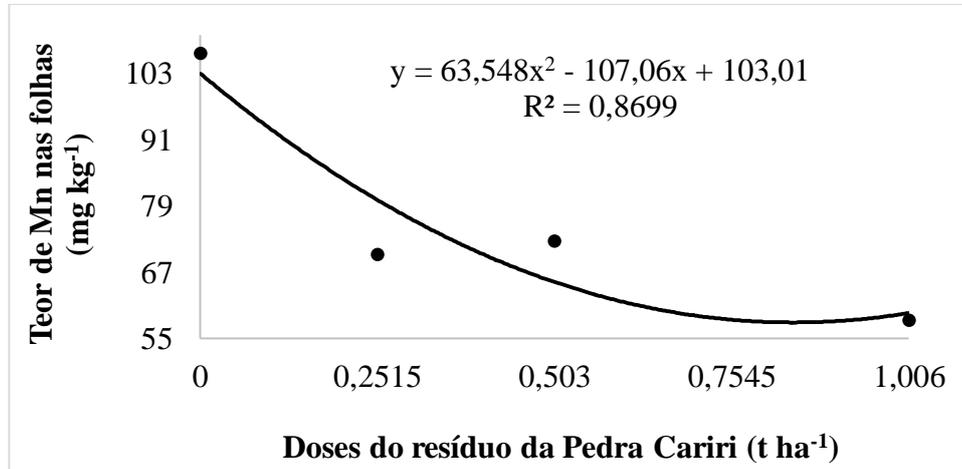
Gráfico 8 – Alteração nos teores de Fe na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.



Fonte: elaborado pelo autor.

Houve resposta quadrática apresentada pelos teores de Mn em relação às doses de calcário aplicadas nos tratamentos. No tratamento sem aplicação de calcário foi detectado o mais alto teor (106,72 mg kg⁻¹), havendo um acentuado decréscimo em 50% da DR, atingindo 70,20 mg kg⁻¹. Em 100% da DR houve um pequeno acréscimo (72,66 mg kg⁻¹) e, em 200% da DR, diminuiu para 58,38 mg kg⁻¹ (gráfico 9). Apesar dos teores detectados estarem bastante abaixo da faixa proposta (400 a 425 mg kg⁻¹) por Malavolta *et al.* (1997), estão dentro da faixa proposta (15 a 100 mg kg⁻¹) por Raij *et al.* (1997), exceto no tratamento sem aplicação de calcário.

Gráfico 9 – Alteração nos teores de Mn na camada de 0 – 0,2 m de profundidade em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento. Cada ponto é a média de 5 repetições.



Fonte: elaborado pelo autor.

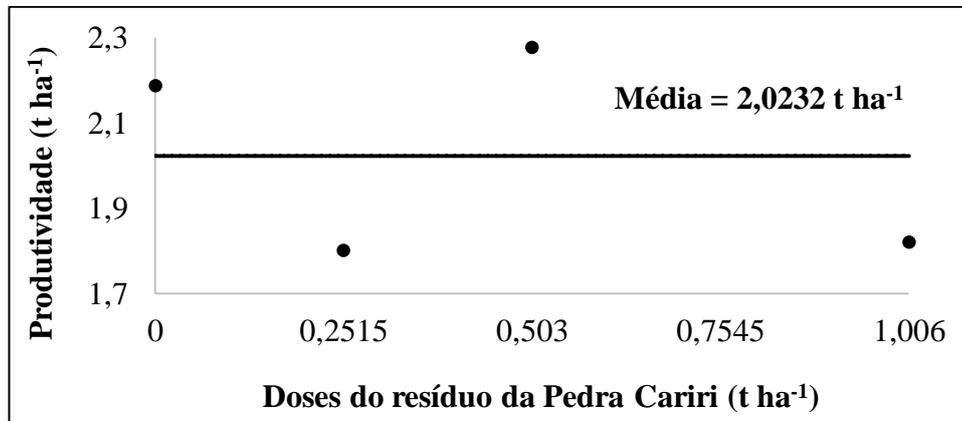
Quanto aos micronutrientes essenciais que não obtiveram variação significativa em função dos tratamentos aplicados: os teores de Cu (7,43 mg kg⁻¹) se mantiveram acima da faixa considerada ideal (5 a 7 mg kg⁻¹) proposta por Malavolta *et al.* (1997) para o feijão *Vigna*; os teores de Zn (42,48 mg kg⁻¹) se mantiveram dentro da faixa considerada ideal (40 a 50 mg kg⁻¹); os teores de B (34,12 mg kg⁻¹) ficaram abaixo da faixa considerada ideal (150 a 200 mg kg⁻¹).

Não foram detectados sintomas de deficiência e/ou toxidez nos feijoeiros durante o período experimental, mesmo com alguns nutrientes terem ficado das faixas de valores consideradas adequadas.

Produtividade

A produtividade não apresentou resposta às doses do pó resíduo da Pedra Cariri aplicadas nos tratamentos (gráfico 10). Todos os valores obtidos foram superiores aos estudos já realizados com a mesma cultivar (LIMA *et al.*, 1999; PAIVA *et al.*, 1978). Portanto os altos valores de produtividade obtidos não têm relação com as doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento.

Gráfico 10 – Produtividade, em Kg h⁻¹, em resposta às doses do pó do resíduo da Pedra Cariri aplicadas em cada tratamento.



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de correlação não detectou qualquer relação direta na variação da produtividade com a variação de qualquer um dos parâmetros do solo ou do tecido foliar avaliados.

Conclusões

A calagem com pó de resíduo de Pedra Cariri foi eficiente na correção da acidez, proporcionando uma redução no nível de acidez de alta para média e elevando a saturação por bases, em 100% da DR, para valores próximos aos estipulados pela NC.

Quanto à nutrição de plantas, a calagem proporcionou variação significativa nos teores potássio, magnésio, enxofre, ferro e manganês no tecido vegetal dos feijões. Porém essas variações não foram capazes de enquadrar esses teores dentro das faixas consideradas adequadas por Malavolta *et al.* (1997).

A calagem não causou variações significativas na produtividade, porém os valores obtidos foram superiores a trabalhos realizados com o mesmo cultivar.

O resíduo da Pedra Cariri tem potencial para ser utilizado comercialmente como corretivo de solo pois foi eficiente na correção da acidez do solo, elevou a saturação por bases a níveis desejáveis e proporcionou variações significativas em alguns nutrientes das plantas sem prejudicar seu desenvolvimento, além de não ter apresentado nenhum tipo de toxidez ao solo e às plantas.

Referências

AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UNCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. UFC, 247 p, 1993.

BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C.; DE SOUZA, E. C. A. **Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. *Anais*. v. 45, p. 579 – 588, 1988.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNARDI, A. C. C.; DE OLIVEIRA, F. A. O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, v1: 362p, v2: 362p, v3: 467p, 2010.

BRASIL. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, Ministério da Agricultura: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. 104p, 1983.

CASTRO, N. F.; CAMPOS, A. R.; VIDAL, F. W. H. Melhoras técnicas na lavra e na proteção do patrimônio e meio ambiente do Arranjo Produtivo Local de Calcários do Cariri - CE. In: **I Jornada do Programa de Capacitação Institucional**, CETEM, Rio de Janeiro, RJ. **Resumos expandidos**, p. 21-25, 2007.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. Disponível em: < <http://www.funceme.br> > Acesso em: 25 out. 2018.

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (Brasil). Ministério da Ciência e Tecnologia. RT2005-00401 - **Apoio tecnológico ao arranjo produtivo local de base mineral: Calcário laminado da região do Cariri – CE**. Relatório Técnico elaborado para a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do MME. Rio de Janeiro, 2005.

CORREIA, J.C.G.; VIDAL, F.W.H. & RIBEIRO, R.C.C. Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará. In: **V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. Resumos expandidos, p. 65-73, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, RJ, 412 p, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, RJ, 212 p, 1997.

FAGERIA, N.K. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. **Plant and soil**, Crawley, v. 70, p. 309-310, 1983.

FARIA, C.M.B.; COSTA, N.D.; FARIA, A.F. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 615-619, 2003.

FYFE, W.; LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. C. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 715-720, 2006.

LIMA, G. P. B.; AGUIAR, J.V.; COSTA, R.N.T.; PAZ, V.P.S. Rendimento de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas à diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, SP. v. 4, n. 3, p. 205-212, 1999.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba, SP: POTAFOS, 319 p, 1997.

MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização e classificação de resíduo sólido “pó de rocha granítica” gerado na indústria de rochas ornamentais. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, p. 1301-1304, 2008.

MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

OLIVEIRA, I. P. de; THUNG, M. D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 589p, 1988.

PAIVA, J. B.; ALVES, J. F.; OLIVEIRA, F. J. DE; MARTINS NET, D. Competição de cultivares de feijão de corda, *Vigna sinensis* (L) Savi, em três municípios do Estado do Ceará. In: **Universidade Federal do Ceará. Relatório de pesquisa – 1977**. Fortaleza, CE, UFC, p. 7-16, 1978.

POLETTO, I.; MUNIZ, M.F.B.; CECONI, D.E.; BLUME, E. Influência da aplicação de NPK e calcário sobre o crescimento da erva-mate, severidade da podridão-de-raízes e população fúngica do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 429-444, 2011.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 285 p. (Boletim técnico, 100), 1997.

SAS® University Edition - Statistical Analyses System - SAS/University Edition, © 25 SAS Institute Inc.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 56 p, 1974.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia, 370p, 1999.

SILVA, E. A. da; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L.; SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, s.I., v. 32, p. 323-333, 2008.

SOUSA, D. M. G *et al.* Acidez do solo e sua correlação. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 70 p., 2007.

STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: Challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, p. 731-747, 2006.

TEIXEIRA, P. C., G. K. DONAGEMMA, A. FONTANA., W. G. TEIXEIRA. **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos, Brasília, BR. 2017.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, p. 721-730, 2006.

VIANA, M. S. S. & NEUMANN, V. H. L. O Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE – Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p. 113-120, 2002.

VIDAL, F. W. H., LIMA, M. A. B., CASTRO, N. F.; FERNANDES, T. W. G. Aplicações Industriais dos Calcários do Cariri Cearense. *In*: III **Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais**, Natal, RN. **Resumos expandidos**, p. 242-254, 2007.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M.; OLIVEIRA, R. R. Aspectos geológicos da Bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri – Ceará. In: **V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. **Resumos expandidos**, p. 31-36, 2005.

VOLKWEISS, S.J. Química da acidez dos solos. In: **II Seminário obre corretivos da acidez do solo**, Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, p. 7- 38, 1989.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do presente trabalho foi possível concluir que o resíduo da Pedra Cariri apresentou respostas significativas ao que foi proposto. As calagens realizadas foram eficientes na correção da acidez do solo pois, tanto no experimento realizado em vasos como em área aberta, reduziu significativamente os teores de acidez trocável, acidez potencial e percentual de saturação por alumínio.

A calagem em vasos apresentou maior eficácia no solo, pois, na dose recomendada, reduziu os teores de acidez, elevou significativamente os teores de cálcio, de soma de bases trocáveis e elevou a saturação por bases a um nível superior ao estipulado no cálculo da necessidade de calagem. Enquanto que a calagem realizada em área aberta apresentou respostas positivas apenas na redução dos teores de acidez, não apresentando variações significativas nos teores de macro e micronutrientes do solo.

Quanto ao desenvolvimento da alface, mesmo o solo em condições adequadas de pH, saturação por bases, teores de nutriente e salinidade, não houve resposta às doses do resíduo da Pedra Cariri aplicadas.

Os valores obtidos na análise de tecido vegetal dos feijoeiros foram satisfatórios, havendo variações significativas nos teores de potássio, magnésio, enxofre, ferro e manganês.

A produtividade do feijoeiro não apresentou resposta às doses do resíduo da Pedra Cariri aplicadas nos tratamentos, mas os valores obtidos são considerados altos quando comparados com estudos realizados com o mesmo cultivar.

Na calagem em vasos, os efeitos proporcionados pelo pó do resíduo da Pedra Cariri foram semelhantes aos do calcário comercial.

Portanto, ao analisar os resultados obtidos nos experimentos, juntamente com a facilidade técnica de moer e ensacar esse material, conclui-se que há uma boa perspectiva para utilização desse resíduo como corretivo de solo. Adiante, são necessários estudos mais precisos de quantificação das pilhas de resíduos em Nova Olinda para, então, ser possível fazer projeções sobre os volumes de resíduos passíveis de serem destinados para tal finalidade.

REFERÊNCIAS

- ABIA - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Compendio da legislação de alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos**. São Paulo: EMBRAPA, 1985. Não paginado.
- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p.
- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 1992. 26 p.
- ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. Qualidade e Legislação de fertilizantes e corretivos. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, vol.3, p.291-334, 2003.
- ANGHINONI; I; SALET, R. L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. (Ed.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas, RS SBCS - Núcleo Regional Sul, p.41-59, 2000.
- AQUINO, A.B.; AQUINO, B.F.; HERNANDEZ, F.F.F.; HOLANDA, F.J.M.; FREIRE, J.M.; CRISÓSTOMO, L.A.; COSTA, R.I.; UNCHÔA, S.C.P.; FERNANDES, V.L.B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. UFC, 1993. 247 p.
- ASSINE, M. L. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe. **Revista Brasileira de Geociência**. Rio de Janeiro, v.22, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, s.I., v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- ASSINE, M.L. **Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. Rio Claro, SP – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Dissertação (Mestrado), 124 p, 1990.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Irrigation and Drainage Paper: Water Quality for Agriculture**. Roma/It, Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). 107 p, 1985.
- BALBINOT JR, A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A.; TEIXEIRA, J.R. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alface pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 9–15, 2006.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; DE SOUZA, E.C.A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 45, p. 579–588, 1988.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNARDI, A. C. C.; DE OLIVEIRA, F. A. O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, SP: IPNI, v. 1, 362p; v. 2, 362p; v. 3, 467p, 2010.

BEURLIN, K. A Geologia da Chapada do Araripe. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 365-370, 1962.

BEURLIN, K. As condições ecológicas e Faciológicas da Formação Santana, na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 43. Suplemento, p. 411-415, 1971.

BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C.; DE SOUZA, E. C. A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 45, p. 579 – 588, 1988.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. & SOUZA, E.C.A. Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba. v. 46, n. 2, p. 303-317, 1989.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNARDI, A. C. C.; DE OLIVEIRA, F. A. O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, v1: 362p, v2: 362p, v3: 467p, 2010.

BEZERRA N.F.; ANDRADE, F.V.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS Jr, J.J. Desempenho agroeconômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixa. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 21, p. 635–641, 2003.

BRASIL. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, Ministério da Agricultura: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. 104p, 1983.

BRASIL. Instrução Normativa n. 4, de 02 de agosto de 2004. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo (SARC). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2004.

BRASIL. Instrução Normativa n.27, de 05 de junho de 2006. Aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 110, p. 15, 2006.

CAMPOS, D. A.; KELLNER, A. W. A. Panorama of the flying reptiles study in Brazil and South America. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 453-466, 1985.

CASTRO, N. F.; MELLO, E. F.; VIDAL, F. W. H. O APL calcário do Cariri no contexto do ordenamento do território. In: **VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Fortaleza, CE. Resumos expandidos, p. 105-126, 2009.

CASTRO, N. F.; CAMPOS, A. R.; VIDAL, F. W. H. Melhoras técnicas na lavra e na proteção do patrimônio e meio ambiente do Arranjo Produtivo Local de Calcários do Cariri - CE. In: **I Jornada do Programa de Capacitação Institucional**, CETEM, Rio de Janeiro, RJ. Resumos expandidos, p. 21-25, 2007.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. Disponível em: < <http://www.funceme.br> > Acesso em: 25 out. 2018.

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (Brasil). Ministério da Ciência e Tecnologia. RT2005-00401 - **Apoio tecnológico ao arranjo produtivo local de base mineral: Calcário laminado da região do Cariri – CE**. Relatório Técnico elaborado para a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do MME. Rio de Janeiro, 2005.

CORREIA, J.C.G.; VIDAL, F.W.H. & RIBEIRO, R.C.C. Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará. In: **V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. Resumos expandidos, p. 65-73, 2006.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**, 2.ed. rev. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 230 p. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, RJ, 412 p, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, RJ, 212 p, 1997.

FAGERIA, N.K. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. **Plant and soil**, s.I., v. 70, p. 309-310, 1983.

FARIA, C.M.B.; COSTA, N.D.; FARIA, A.F. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 615-619, 2003.

FELTRIM, A.L.; FILHO, A.B.C.; REZENDE, B.L.A.; BRANCO, R.B.F. Produção de alface-crespa em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Científica**, Jaboticabal, v. 37, p. 9-15, 2009.

FELTRIM, A.L.; FILHO, A.B.C.; BRANCO, R.B.; BARBOSA, J.C.; SALATIEL, L.T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 505-509, 2005.

FERREIRA, R.de P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. São Carlos, EMBRAPA. 35 p. 2005. 2006.

FYFE, W.; LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. C. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 715-720, 2006.

GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. *In*: DANE, J.H; TOPP, C.G., (ed.). **Methods of soil analysis**. Soil Science Society of America, San Diego, p. 255-293, 2002.

HASHIMOTO, A.T.; APPI, C.J.; SOLDAN, A.L.; CERQUEIRA, J.R. O neo-Alagoas nas Bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 17, n 2, p. 118-122, 1987.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 07 de Dez. 2016.

- JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHLUBACK, K.; CHANEY, W. Iceberg lettuce production in California. **Agriculture and Natural**, Bangkok, v. 2, p. 4–11, 1996.
- KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, S.J.; BECKER, F. Corretivos da acidez do solo. *In*: **Seminário Sobre Corretivos da Acidez do Solo**, 2, Santa Maria, 1989. Santa Maria, p. 210 – 218, 1989.
- KOCHE, A.; HANASHIRO, J.; SANTOS, A.R.; ROMERO, A.M.S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J.A. & ALCARDE, J.C. **Análise de corretivos agrícolas**. São Paulo, SP: Editora Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), 30p., 1989.
- LEONARDI, G.; BORGOMANERO, G. Sobre uma possível ocorrência de Omithischia na Formação Santana, Chapada do Araripe (Ceará). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 11, p. 1-4, 1981.
- LIMA, G. P. B.; AGUIAR, J.V.; COSTA, R.N.T.; PAZ, V.P.S. Rendimento de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas à diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, SP. v. 4, n. 3, p. 205-212, 1999.
- LOPES, S. A. **Manual Internacional de fertilidade do solo**, 2. ed., ver. e ampl. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 177p, 1998.
- MABESOONE, J.M.; TINOCO, LM. Paleogeography of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, s.I., v. 14, n. 2, p. 87-118, 1973.
- MACHADO, R.V. Utilização de rejeitos oriundos do corte de rochas ornamentais na correção da acidez e adubação de solos tropicais. *In*: **XVI Jornada de Iniciação Científica**, CETEM, Rio de Janeiro, RJ. Resumos expandidos, 2015.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba, SP: POTAFOS, 319 p, 1997.
- MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização e classificação de resíduo sólido “pó de rocha granítica” gerado na indústria de rochas ornamentais. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, p. 1301-1304, 2008.
- MANTOVANI, E. C. AVALIA: **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MAYNARD, D.N.; HOCHMUTH, G.J. Knott's handbook for vegetable growers. **John Wiley & Sons**, s.I., v. 5, n. 68–93, 2007.

MENEZES, R. R.; NEVES, G. de A; FERREIRA, H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, 2002.

NEUMANN, V. H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. In: **V Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil**, Serra Negra. Boletim. Rio Claro: D. Dias-Brito, J. C. De Castro e R. Rohn, 1999. p. 279-285, 1999.

NEUMANN, V. H. **Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe: (Noroeste de Brasil)**. 294f il. Tese (Doutorado) - Departamento de Estratigrafia, Paleontologia i Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geológica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, Espanha, 1999.

OLIVEIRA, A. A., **Impactos Antrópicos nos Carbonatos Aptianos da Região de Nova Olinda e Santana do Cariri – CE**. Centro de Tecnologia e Geociência da UFPE, Tese de Doutorado, 200p, 2006.

OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.P.; GARCIA, S.L.R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, I. P. de; THUNG, M. D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 589p, 1988.

PAIVA, J. B.; ALVES, J. F.; OLIVEIRA, F. J. DE; MARTINS NET, D. Competição de cultivares de feijão de corda, *Vigna sinensis* (L) Savi, em três municípios do Estado do Ceará. In: **Universidade Federal do Ceará. Relatório de pesquisa – 1977**. Fortaleza, CE, UFC, p. 7-16, 1978.

POLETTO, I.; MUNIZ, M.F.B.; CECONI, D.E.; BLUME, E. Influência da aplicação de NPK e calcário sobre o crescimento da erva-mate, severidade da podridão-de-raízes e população fúngica do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 429-444, 2011.

PONS, D.; BERTHOU, P. Y. E CAMPOS, D. A. **Quelques observations sur la palynologie de Aptien Supérieur el de Albien du bassin Araripe (NE du Brésil)**. In: I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato, CE: Atas, p. 241-252, 1990.

PONTE, F. C. & APPI, C.J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: **Congr. Bras. Geol.**, 36. Natal, RN. **Anais...** Natal, SBG. v. 1. p. 211-226, 1990.

PONTE, F.C. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: **Simpósio sobre as bacias cretácicas brasileiras**, 2, Rio Claro, SP. Resumos Expandidos... Rio Claro, UNESP, p. 81-84, 1992.

PONTE, F. C.; PONTE FILHO, F. C. **Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe**. Recife: Departamento Nacional da Produção Mineral, 4º e 10º Distritos Regionais, Delegacias do Ministério das Minas e Energia em Pernambuco e Ceará, 68 p., 1996.

PRADO, R.D.M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, 2002.

PRICE, L.1. A presença de Pterosauria no Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Brasil. **Anuário da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 43 (supl.), p. 451-461, 1971.

PRICE, L.1. Quelônio Amphychelidia no Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 84-95, 1973.

RAIJ, B.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 285 p. (Boletim técnico, 100), 1997.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 420 p, 2011.

SANTI, A.; CARVALHO, M.A.; CAMPOS, O.R.; DA SILVA, A.F.; DE ALMEIDA, J.L.; MONTEIRO, S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 87-90, 2010.

SAS® University Edition - Statistical Analyses System - SAS/University Edition, © 25 SAS Institute Inc.

SDLRCE – Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional do Estado do Ceará. **Arranjo produtivo local de pedras ornamentais em Nova Olinda e Santana do Cariri**. Disponível em:
<http://conteudo.ceara.gov.br/content/aplicacao/sdlr/_includes/PDFs/APL%20%20Cariri%20-%20Pedras.pdf> Acesso em: 07 dez. 2016.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 56 p, 1974.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia, 370p, 1999.

SILVA, E. A. da; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L.; SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, s.l., v. 32, p. 323-333, 2008.

SILVA SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 339-360, 1968.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correlação. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; DE BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; Lima, J.C. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Editora Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205-275, 2007.

STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: Challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, p. 731-747, 2006.

TANAMATI, F.Y. **Fontes e Doses de Corretivos de Acidez do Solo na Nutrição e Produção de Alface**. Programa de Pós-graduação em Agronomia: Horticultura, Universidade Estadual Paulista, Dissertação de Mestrado, 73p., 2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. Escolha do corretivo da acidez do solo. *In*: KAMINSKI, J. **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: SBCS - Núcleo Regional Sul, p. 95-113, 2000.

TEIXEIRA, P. C., G. K. DONAGEMMA, A. FONTANA., W. G. TEIXEIRA. **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos, Brasília, BR. 2017.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, p. 721-730, 2006.

TRANI, P.E.; PURQUERIO, L.F.V.; FIGUEIREDO, G.J.B.; TIVELLI, S.W.; BLAT, S.F. Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula. **O Agrônomo**, Campinas, v. 66, p. 32-45, 2014.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. O Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE – Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p. 113-120, 2002.

VIDAL, F. L. H. Oportunidades e desafios para o fortalecimento do APL calcário Cariri-CE. **Dissertação** (Especialização para Formação de Agentes Gestores de Arranjos Produtivos Locais). Universidade de Fortaleza – UNIFOR, 2010.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M. A indústria extrativa da pedra cariri no estado do Ceará. **IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**. Anais... Fortaleza, CE, p. 199-210, 2003.

VIDAL, F. W. H., LIMA, M. A. B., CASTRO, N. F.; FERNANDES, T. W. G. Aplicações Industriais dos Calcários do Cariri Cearense. In: **III Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais**, Natal, RN. Resumos expandidos, p. 242-254, 2007.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M.; OLIVEIRA, R. R. Aspectos geológicos da Bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri – Ceará. In: **V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. Resumos expandidos, p. 31-36, 2005.

VOLKWEISS, S.J. Química da acidez dos solos. In: **II Seminário obre corretivos da acidez do solo**, Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, p. 7- 38, 1989.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, s.I., v. 19, p. 1467-1476, 1988.