



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

WESLEY ROCHA BARBOSA

ASPECTOS PEDOLÓGICO-EDUCACIONAIS EM UMA ÁREA SUSCEPTÍVEL À
DESERTIFICAÇÃO

FORTALEZA

2016

WESLEY ROCHA BARBOSA

**ASPECTOS PEDOLÓGICO-EDUCACIONAIS EM UMA ÁREA SUSCEPTÍVEL À
DESERTIFICAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Pedologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero.

FORTALEZA

2016

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)

- B213a Barbosa, Wesley Rocha.
Aspectos pedológico-educacionais em uma área susceptível à desertificação / Wesley Rocha Barbosa. –
2017.
171 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero.
1. Caatinga. 2. Degradação do solo. 3. Educação Ambiental. 4. Luvisolos. 5. Formação docente. I. Título.
CDD 631.4
-

WESLEY ROCHA BARBOSA

**ASPECTOS PEDOLÓGICO-EDUCACIONAIS EM UMA ÁREA SUSCEPTÍVEL À
DESERTIFICAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Pedologia.

Aprovada em: 22/07/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Cleire Lima da Costa Falcão
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Profª. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jaedson Claudio Anunciato Mota
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Maria Valdirene Araújo Rocha Moraes
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

A Deus.

*À minha esposa Liana Rocha, e aos meus filhos
Wesley Vinícius e Lia Giovanna.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em todos os momentos, iluminando-me e guiando, dando-me a graça de mais uma vitória.

Aos meus familiares, por estarem presentes nesta caminhada.

Aos Professores Ricardo Espíndola Romero, Tiago Osório Ferreira e Cleire Lima da Costa Falcão, pelos ensinamentos, orientação, apoio e amizade.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Departamento de Ciências do Solo, pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

Aos Professores do Departamento de Ciências do Solo, pelos conhecimentos transferidos, paciência e colaboração, em especial Professora Mirian Cristina Gomes Costa, Professor Jaedson Claudio Anunciato Mota e Professor Raul Shiso Toma, por todas as contribuições e parcerias.

Ao Presidente da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Dr. Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins, pela parceria e colaboração em várias etapas do trabalho.

Aos amigos da FUNCEME, em especial, Sônia Oliveira, Margareth Benício, Messias Barreto, Neuma Barreto, Roberto Bezerra, Assis Bezerra, Eisenhower Braga, Denis Barbosa, Rousi Silva, Alisson Simplício, pela ajuda, companheirismo e amizade.

Ao Programa de Educação em Solos: conhecer, instrumentalizar e propagar do Laboratório de Pedologia e Processos Erosivos em Estudos Geográficos da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), pela disponibilidade dos materiais e alunos-bolsistas para execução da oficina pedagógica e demais atividades.

Aos amigos da Secretaria Municipal da Educação (SME) e do Distrito de Educação, em especial, Professora Lady Lima, Joelson Moura, Cilene Costa e Georgina Vieira, pela paciência, compreensão e incentivo.

Ao casal André e Gislaine Marques, pela ajuda e incentivo.

Aos amigos Daniel Pontes e Timóteo, pela ajuda incondicional na coleta de solo.

Aos moradores do sítio Brum (Jaguaribe-CE), em especial, 'Neto do Brum' pela dedicação e cooperação com as atividades realizadas no campo.

A todos que de alguma forma contribuíram neste trabalho.

“É preciso força pra sonhar e perceber que a estrada vai além do que se vê.”

Los Hermanos

RESUMO

A região semiárida do Nordeste do Brasil encontra-se em alto risco de degradação ou vulnerabilidade socioambiental, ocasionado tanto pelas características dos fatores naturais, quanto pela exploração dos recursos para suprir as necessidades socioeconômicas da população, resultando em cenário típico de áreas em processo de desertificação. O estado do Ceará apresenta-se com três Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD's, sendo a do Médio Jaguaribe a região que mais evidencia a classe dos Luvisolos. Dessa forma, esse trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira parte, pressupõe-se que existem diferenças significativas nas características morfológicas e nos atributos físicos e químicos dos solos com cobertura vegetal e sem cobertura vegetal, os quais estão inseridos numa mesma área explorada com agricultura de subsistência sem práticas conservacionistas. Como as ações antrópicas contribuem com o fenômeno da desertificação, para a segunda parte do trabalho, aventou-se a hipótese de que as instituições de ensino fundamental poderão contribuir para minimizar os impactos das ações humanas nesse processo de desertificação, por meio da promoção da Educação em Solos nas escolas de educação básica. O objetivo desse trabalho foi compreender o comportamento dos Luvisolos nas condições geoambientais de desertificação, sob diferentes estados de densidade da cobertura vegetal e, por meio da Educação em Solos, propor medidas didático-pedagógicas para o ensino básico, como estratégia para mitigar impactos da ação humana no processo de desertificação. Para tanto, foram realizadas descrições morfológicas de perfis pedológicos, análises físicas e químicas de amostras de solos coletadas em trincheiras e mini-trincheiras, bem como análise de imagens micromorfológicas e testes de infiltração, onde se constatou maior profundidade, maiores teores de carbono orgânico total (COT) e carbono da fração húmica (C-HUM), maior porosidade total (PT), menor densidade do solo (Ds) e maior velocidade de infiltração básica (VIB) nos solos com vegetação ao comparar com os solos sem vegetação, comprovando a importância da proteção natural para pedogênese e qualidade do solo. Na segunda parte do trabalho foi possível observar, por meio da realização do curso de capacitação de docentes do ensino fundamental, melhorias no planejamento pedagógico que resultarão em novas práticas pedagógicas na abordagem do tema 'solos' nas instituições escolares, com estratégias que possibilitem a compreensão desse conteúdo pelos alunos e a disseminação desse conhecimento para comunidade, melhorando a convivência socioambiental no semiárido.

Palavras-chave: Caatinga. Degradação do Solo. Educação Ambiental.

ABSTRACT

The semiarid region of Northeast Brazil is at high risk of degradation or environmental vulnerability, caused both by the characteristics of natural factors, as the exploitation of resources to meet the socioeconomic needs of the population, resulting in a typical scenario of areas in process of desertification . The state of Ceará is presented with three Areas Susceptible to Desertification - ASD's, and the Middle Jaguaribe the region that shows the class of Luvisols. Thus, this study was conducted in two stages. In the first part, it is assumed that there are significant differences in morphological characteristics and physical and chemical properties of soil with vegetation and no vegetation, which are inserted in the same area exploited for subsistence without conservation tillage farming. Because human actions contribute to the phenomenon of desertification, to the second part, the hypothesis has suggested-that the fundamental educational institutions could help to minimize the impacts of human actions that the desertification process, through the promotion of education Soils in the basic education schools. The aim of this study was to understand the behavior of Luvisols in geo-environmental conditions of desertification under different density of states of vegetation and through Education in Soils propose didactic and pedagogical measures for basic education as a strategy to mitigate the action of impacts human in the process of desertification. Therefore, morphological descriptions of pedological profiles were performed, physical and chemical analysis of soil samples collected from trenches and mini-trenches, as well as micromorphological image analysis and infiltration tests, where it was found deeper, higher total organic carbon (COT) and carbon from the humin fraction (C-HUM), higher total porosity (PT), lower bulk density (Ds) and higher infiltration rate (VIB) in soils with vegetation to compare with the soil without vegetation, proving the importance of natural protection for pedogenesis and soil quality. In the second part of the work it was possible to observe, through the completion of the training course for teachers of elementary school, improvements in educational planning that will result in new pedagogical practices in the approach to the subject 'land' in schools, with strategies to facilitate understanding that content by the students and the dissemination of this knowledge to the community, improving environmental coexistence in semiarid region.

Keywords: Caatinga. Soil degradation. Environmental education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Cartograma de identificação das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's) do estado do Ceará.....	40
Figura 2 -	Localização da Área de Estudo.....	41
Figura 3 -	Imagem de satélite do projeto de Recuperação de Área Degradada (RAD) na Comunidade Riacho do Brum (Jaguaribe, Ceará), destacando-se área com e sem cobertura vegetal.....	42
Figura 4 -	Imagem de satélite da área de estudo com os pontos de amostragem.....	46
Figura 5 -	Mapa da área de estudo com os pontos de amostragem.....	47
Figura 6 -	Coleta (A e B) e acondicionamento (C) das amostras indeformadas e captura de imagens dos blocos de impregnação (D) para análise micromorfológica.....	50
Figura 7 -	Profundidade média do solum(A + B, exceto BC).....	53
Figura 8 -	Frações Cascalhos e Calhaus dos horizontes superficiais.....	53
Figura 9 -	Teor médio da fração argila nos horizontes Bt dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	59
Figura 10 -	Valor médio da relação silte/argila nos horizontes Bt dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	60
Figura 11 -	Velocidade de infiltração básica na área de estudo, anos de 2015 e 2016.....	62
Figura 12 -	Correlação da Densidade do Solo (Ds) com o teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS) e com a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) dos Solos Sem Vegetação.....	64
Figura 13 -	Correlação da Densidade do Solo (Ds) com o teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS) e com a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) dos Solos Com Vegetação.....	64
Figura 14 -	Valores de pH dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	66
Figura 15 -	Acidez potencial (H+Al) dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	67
Figura 16 -	Teor de cálcio dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação	

	(SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	69
Figura 17 -	Saturação por bases (V%) dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	70
Figura 18 -	Condutividade Elétrica (CE) dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	71
Figura 19 -	Carbono Orgânico nos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	71
Figura 20 -	Comparação da relação Carbono do Extrato Alcalino (C-EA) e Carbono da fração humina (C-HUM) e entre o C-HUM dos horizontes superficiais dos solos estudados.....	73
Figura 21 -	Imagens dos blocos sob luz negra dos horizontes A de Perfis Com Vegetação (PCV).....	76
Figura 22 -	Imagens dos blocos sob luz negra dos horizontes superficiais de Perfis Sem Vegetação (PSV).....	76
Figura 23 -	Imagens binarizadas dos horizontes Bt dos Perfis Com Vegetação.....	77
Figura 24 -	Imagens binarizadas dos horizontes Bt dos Perfis Sem Vegetação.....	77
Figura 25 -	Porosidade total dos horizontes superficiais, obtidas pela análise de imagens micromorfológicas.....	78
Figura 26 -	Distribuição dos poros por tipo e tamanho nos horizontes superficiais e subsuperficiais.....	79
Figura 27 -	Porosidade total (PT) dos Perfis Sem Vegetação (PSV) pelo método indireto.....	80
Figura 28 -	Distribuição da porosidade do horizonte superficial dos Perfis Com Vegetação (PCV).....	82
Figura 29 -	Distribuição da porosidade do horizonte subsuperficial dos Perfis Com Vegetação (PCV).....	83
Figura 30 -	Distribuição da porosidade do horizonte superficial dos Perfis Sem Vegetação (PSV).....	84
Figura 31 -	Distribuição da porosidade do horizonte subsuperficial dos Perfis Sem Vegetação (PSV).....	85
Figura 32 -	Área de abrangência das escolas.....	93
Figura 33 -	Página inicial do curso no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Sócrates.....	96

Figura 34 -	Aula inaugural do curso na Escola Municipal Alice Diógenes Pinheiro, Jaguaribe, CE.....	98
Figura 35 -	Registro da aula de campo, realizada no Sítio Brum, distrito de Mapuá Jaguaribe, CE.....	98
Figura 36 -	Oficina pedagógica realizada com os professores em Jaguaribe, CE.....	100
Figura 37 -	Distribuição percentual, por faixa etária, dos professores lotados no 6º Ano do Ensino Fundamental II que lecionam as disciplinas de geografia e ciências nas escolas da Secretaria da Educação de Jaguaribe-CE.....	101
Figura 38 -	Formação acadêmica dos professores da Secretaria da Educação de Jaguaribe-CE.....	102
Figura 39 -	Titulação acadêmica dos professores das disciplinas de Geografia e Ciências.....	102
Figura 40 -	Participação dos professores em cursos de capacitação em serviço sobre Educação Ambiental.....	103
Figura 41 -	Opinião dos professores sobre a adequação ou não do livro didático, adotado nas escolas municipais da Secretaria da Educação de Jaguaribe – CE, sobre o conteúdo ‘solo’ no Ensino Fundamental II.....	107
Figura 42 -	Materiais utilizados durante o planejamento pedagógico.....	107
Figura 43 -	Recursos Didáticos utilizados durante a execução das aulas sobre solo.....	108
Figura 44 -	Termos que os alunos da rede municipal de ensino de Jaguaribe-CE relacionaram ao tema Meio Ambiente.....	112
Figura 45 -	Conceito de solo dos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental da rede municipal de ensino de Jaguaribe-CE.....	112
Figura 46 -	Elementos naturais mais importantes na concepção dos alunos do 6º ano da rede municipal de ensino de Jaguaribe-CE.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Registro de chuvas no município de Jaguaribe nos anos de 2012/2013/2014.....	43
Tabela 2 -	Atributos morfológicos (cor e estrutura) dos perfis dos Solos Com Vegetação (SCV) e Solos Sem Vegetação (SSV).....	52
Tabela 3 -	Composição granulométrica dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV).....	55
Tabela 4 -	Atributos físicos dos Solos Com Vegetação (SCV).....	57
Tabela 5 -	Atributos físicos dos Solos Sem Vegetação (SSV).....	58
Tabela 6 -	Densidade do Solo (Ds) nos perfis (PCV) e mini-trincheiras (MCV) com cobertura vegetal e sem cobertura vegetal (PSV e MSV).....	61
Tabela 7 -	Correlação entre Densidade do Solo (Ds), Matéria Orgânica (MOS) e Velocidade de Infiltração Básica (VIB).....	63
Tabela 8 -	Atributos químicos dos Solos Com Vegetação (SCV): Perfis (PCV) e mini-trincheiras (MCV).....	65
Tabela 9 -	Atributos químicos dos Solos Sem Vegetação (SSV): Perfis (PSV) e mini-trincheiras (MSV).....	67
Tabela 10 -	Correlação entre atributos químicos dos solos nas duas condições investigadas.....	68
Tabela 11 -	Teores de carbono nas frações ácido fúlvico (FAF) ácido húmico (FAH) e humina (HUM), carbono total (COT), índices de carbono da FAH/FAF, C-EA/C-HUM, C-EA/COT e soma das frações húmicas (SFH) dos horizontes de superfícies dos solos.....	72
Tabela 12 -	Correlação entre propriedades do horizonte superficial e as substâncias húmicas dos Solos Com Vegetação e dos Solos Sem Vegetação.....	74
Tabela 13 -	Síntese do questionário aplicado aos professores da rede municipal de ensino de Jaguaribe, Ceará.....	95
Tabela 14 -	Sequência didático-metodológica do Curso de Capacitação “Educação em Solos: construindo uma conscientização ambiental”.....	99
Tabela 15 -	Relação entre conceito e definição de temas ambientais trabalhados no Ensino Fundamental. Questão que compõe o instrumental aplicado aos	

	professores.....	105
Tabela 16 -	Consolidado das respostas dos professores sobre definições de diversos conceitos ambientais trabalhados no Ensino Fundamental.....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Região Semiárida	18
2.2	Desertificação	20
2.2.1	<i>Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD 's)</i>	21
2.2.2	<i>ASD 's no Estado do Ceará</i>	21
2.3	Processos Pedogenéticos e a Gênese do Horizonte Textural	23
2.3.1	<i>Solos com horizonte B Textural</i>	27
2.3.2	<i>Luvissolos (SiBCS)</i>	27
2.4	Educação em Solos e a “Consciência Pedológica”	29
2.4.1	<i>Educação em Solos e a Etnopedologia</i>	32
2.4.2	<i>Solos na Educação Básica: dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) do ensino fundamental à prática docente</i>	32
3	CAPÍTULO II - INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NOS PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E GÊNESE DO HORIZONTE TEXTURAL EM ÁREA SUSCEPTÍVEL À DESERTIFICAÇÃO	35
	Resumo	35
	Abstract	36
3.1	Introdução	37
3.2	Material e Métodos	39
3.2.1	<i>Delimitação da Área de Estudo</i>	39
3.2.2	<i>Aspectos Geoambientais</i>	39
3.2.3	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	44
3.2.4	<i>Coleta das Amostras de Solos e Análise Estatística</i>	44
3.2.5	<i>Procedimentos para fins de caracterização, classificação e análise comparativa dos solos</i>	45
3.2.5.1	<i>Análises Físicas e Químicas</i>	45
3.2.5.2	<i>Teste de Infiltração do solo</i>	49
3.2.5.3	<i>Análise Micromorfológica dos Horizontes Superficiais e Subsuperficiais dos perfis pedológicos</i>	49

3.3	Resultados e Discussão	51
3.3.1	<i>Atributos morfológicos e Classificação dos solos</i>	51
3.3.2	<i>Atributos físicos dos solos</i>	55
3.3.3	<i>Atributos químicos dos solos</i>	64
3.3.4	<i>Micromorfologia e análise de imagens</i>	75
3.4	Conclusão	86
4	CAPÍTULO III - EDUCAÇÃO EM SOLOS: ALTERNATIVA PARA CONSCIENTIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL NO SEMIÁRIDO	87
	Resumo	87
	Abstract	88
4.1	Introdução	89
4.2	Descrição da pesquisa e aspectos metodológicos	92
4.2.1	<i>Caracterização da área de estudo</i>	92
4.2.2	<i>Métodos</i>	92
4.2.2.1	<i>Caracterização das escolas, dos professores e estudantes</i>	92
4.2.2.2	<i>Concepção teórico-conceitual dos professores e estudantes sobre a temática 'solo e meio ambiente'</i>	94
4.2.2.3	<i>Curso de Capacitação "Educação em Solos: construindo uma conscientização ambiental"</i>	95
4.3	Resultados e Discussão	101
4.3.1	<i>Análise dos questionários para caracterização dos professores</i>	101
4.3.2	<i>Conhecimento específico dos professores sobre a temática estudada</i>	102
4.3.3	<i>Avaliação do desempenho dos professores no curso Educação em Solos</i>	104
4.4	Conclusão	115
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS	116
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE A	134
	APÊNDICE B	158
	APÊNDICE C	165
	APÊNDICE D	170

1 INTRODUÇÃO

O processo de desertificação é um fenômeno antigo que ocorre em várias partes do mundo. Relatos históricos evidenciam esse tipo de degradação há milhares de anos em regiões do Mediterrâneo, Mesopotâmia e Loess Chineses. No Brasil, a problemática da desertificação tem assumido lugar de destaque entre os processos de degradação do solo, pois, praticamente todos os estados da região Nordeste estão inseridos neste contexto. O estado do Ceará possui 105 municípios na região semiárida, com aproximadamente 14% do seu território situado em área susceptível ao processo de desertificação, destacando-se o município de Irauçuba e a região dos Inhamuns e do Médio Jaguaribe como as áreas mais afetadas.

A área da comunidade Riacho do Brum, localizada a 40 km da sede do município de Jaguaribe, representa essa realidade semiárida cearense e, conseqüentemente, retrata um ambiente com claras evidências de degradação, denunciada pelos processos erosivos que removem os horizontes superficiais dos solos e apresentam afloramentos rochosos. Característica desse cenário de degradação, a vegetação apresenta-se esparsa na paisagem, formando pequenas “ilhas” de arbustos com copas de tamanhos similares, evidenciando pequenas áreas em recuperação natural.

Essa realidade, assim como em várias outras localidades do semiárido brasileiro, é consequência de processo histórico que envolve a exploração predatória dos recursos naturais, tais como a retirada da vegetação para produção de energia e preparo do solo para o plantio, plantações no sentido da declividade das vertentes, pecuária com sobrepastejo, entre outras práticas de exploração sem consciência da sustentabilidade, em ambiente altamente vulnerável.

Estas áreas, na maioria das vezes, possuem solos muito degradados com baixos teores de carbono orgânico, reduzidas taxas de cobertura vegetal, necessitando urgentemente de pesquisas que possam estudar o fenômeno e sugerir mecanismos de combate ao processo de desertificação.

As características edafoclimáticas geralmente encontradas nas regiões semiáridas são: irregularidade temporal e espacial das chuvas, elevadas temperaturas, elevada evapotranspiração, solos pouco profundos e solos com transição abrupta entre os horizontes, Desta forma, estas condições dificultam a infiltração da água e favorecem a drenagem superficial (escoamento), propiciando elevado potencial erosivo e, naturalmente, favorecem uma maior pressão ambiental sob o ecossistema destas áreas, necessitando de práticas de manejo conservacionista para o uso agrícola. Contudo, a falta de conhecimento técnico-científico,

contínua extração de madeira, associada ao uso do fogo e exploração agropecuária extensiva, causando o sobrepastejo, têm constituído importantes fatores que favorecem o processo de desertificação de áreas agrícolas.

As características dos diversos tipos de solos que compõem o semiárido brasileiro se comportam de modo diferenciado ao avanço do processo de desertificação, ficando os Luvisolos e Neossolos Litólicos associados às áreas com nível severo de degradação ambiental, e as classes dos Argissolos e Cambissolos associados ao nível moderado, seguido dos Planossolos ao nível baixo na classificação das terras degradadas.

Entretanto, apesar da grande importância e abrangência do processo de desertificação no Brasil e da importância do estudo das características pedológicas em relação ao processo de desertificação e degradação do solo, pouco se tem pesquisado neste sentido. Torna-se necessário avaliar as alterações das propriedades físicas, químicas e morfológicas dos solos, em diferentes condições de cobertura vegetal, inseridos nas áreas em processo de desertificação utilizadas pela agropecuária. Com isso serão obtidos dados que subsidiem o uso de técnicas de manejo sustentável na recuperação dessas áreas, que servirão como modelo para difusão das tecnologias de controle desse processo de degradação.

Dentre os fatores socioeconômicos que contribuem com o processo de desertificação, a educação torna-se um elemento fundamental, tanto pelos baixos índices de escolaridade da população inserida nessas áreas, quanto pela possibilidade de mudanças dessa realidade por meio da educação básica. A construção de uma consciência ambiental deverá partir do conhecimento prévio dos alunos sobre a dinâmica dos solos na paisagem e sua importância socioeconômica, utilizando recursos didático-pedagógicos voltados para essa temática, com o intuito de auxiliar o processo de ensino aprendizagem e a sistematização efetiva de conhecimento científico dos educandos do ensino fundamental.

Dessa forma, pressupõem-se as seguintes hipóteses:

1. Há diferenças relevantes e significativas nas características morfológicas e atributos físicos e químicos influenciando a gênese do horizonte B textural de Luvisolos inseridos em área susceptível à desertificação manejada sem práticas conservacionistas e que após sete anos sem cultivo apresenta condições distintas quanto ao desenvolvimento da vegetação;

2. Se o processo de desertificação é consequência, além das condições ambientais, das ações humanas sobre o ambiente semiárido, a instituição escolar poderá contribuir para mitigação dos efeitos desse processo por meio da Educação em solos.

Na tentativa por respostas para tais indagações, o presente trabalho foi dividido em três partes, sendo o capítulo I uma revisão de literatura com o intuito de situar o leitor sobre conceitos que constituem a fundamentação teórica da pesquisa. No capítulo II buscou-se analisar as características pedogenéticas dos Luvisolos em duas diferentes condições, comparando solos protegidos pela vegetação e com presença de serapilheira e outros expostos às intempéries ambientais, ambos inseridos em Áreas Susceptíveis à Desertificação - ASD. No capítulo III buscou-se compreender a importância da Educação em Solos no ensino fundamental, como alternativa para mitigação dos impactos das atividades humanas no processo de degradação, por meio da conscientização socioambiental de professores e estudantes e, dessa forma, disseminar conhecimentos pedológicos e práticas ambientais conservacionistas para a comunidade.

2 CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Região Semiárida

A região semiárida brasileira, cujos limites foram redefinidos em 2004 pelo Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), compreende uma área de 982.563,3 km², com 1.133 municípios estendendo-se do litoral norte, no Ceará e no Rio Grande do Norte, até ao norte de Minas Gerais, cortando os estados da Paraíba, Pernambuco, Piauí, Bahia, Alagoas e Sergipe, representando 11% do território nacional, com população aproximada de 28 milhões de habitantes, sendo a região semiárida mais populosa do mundo (BRASIL, 2007; ANGELOTTI *et al.*, 2009).

A maior parte desta região constitui o domínio do bioma Caatinga, que apresenta distribuição geográfica restrita ao território brasileiro, com algumas semelhanças florísticas com espécies da região do Chaco – nordeste da Argentina e da região sudeste do Paraguai (ANDRADE-LIMA, 1981), que evidenciam paleoclimas que condicionaram similaridades fisionômico-estruturais na América do Sul.

Uma das principais características desse bioma é o clima semiárido, marcado por elevadas temperaturas médias entre 25 e 29°C, baixa quantidade de precipitação anual (268 a 800 mm), chuvas irregulares e período seco prolongado, que inicia no outono e se estende até a primavera (OLIVEIRA *et al.*, 2006; AB'SABER, 1996, 2003), além de elevada insolação (média de 2.800 h ano⁻¹) e evaporação (média de 2.000 mm ano⁻¹), com umidade relativa do ar média em torno de 50% (MOURA *et al.*, 2016). A Caatinga ocorre em diversos Estados da região Nordeste e estende-se até Minas Gerais, seguindo o rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha, mas também é encontrada na ilha de Fernando de Noronha (PRADO, 2003). Dessa forma, a Caatinga ocupa uma extensão de aproximadamente 748.600 km², que perfazem 8,8% do território brasileiro, segundo dados do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Brasil (JACOMINE, 1996).

A presença da vegetação de Caatinga em outras áreas fora da região Nordeste, como em Minas Gerais, no Vale do Jequitinhonha, e no Rio de Janeiro, na região dos Lagos, é explicada pela teoria dos refúgios e do reduto, por alterações climáticas ocorridas ao longo do Quaternário que modificaram os mecanismos padrões de distribuição da fauna e flora ao longo de espaços fisiográficos, paisagísticos e ecologicamente mutantes, permanecendo esta vegetação exótica pela presença de fatores de exceção de ordem litológica, hidrológica, topográfica e paleobotânica (AB'SABER, 2003; SILVA, 2011).

Segundo Souza (2005), durante o Pleistoceno Terminal, a América do Sul enfrentava um clima seco que possibilitava a expansão da vegetação de Caatinga em regiões ocupadas pelo Cerrado e expansão do Cerrado em regiões de floresta, ocorrendo posterior retração destas vegetações com a ocorrência de climas mais úmidos.

A região semiárida brasileira ocupa 57,53% da área do Nordeste, 40,54% da população nordestina e, economicamente, representa 21,6% do PIB do Nordeste (SUDENE, 2012). A escassez de água é uma característica importante dessa região que apresenta chuvas irregulares e concentração da precipitação em curtos períodos, sendo muitas vezes insuficientes para atender à demanda agrícola, animal e humana por água (MONTENEGRO; RAGAB, 2012).

Sua geologia é bastante variada, contudo com predomínio do cristalino, seguido de áreas sedimentares e, em menor proporção, de áreas cristalinas com cobertura pouco espessa de sedimento arenoso ou areno-argiloso (JACOMINE, 1996).

Além dessa variação litológica, as alterações do relevo, a maior ou menor aridez do clima, e a atuação de uma exuberante biodiversidade evidenciam diversos tipos de solos, configurando como de grande importância, em termo de extensão territorial, para o semiárido, às classes dos Latossolos (21%), Neossolos Litólicos (19,2%), Argissolos (14,7%), Luvisolos (13,3%), Planossolos (10,5%) e Neossolos Quartzarênicos (9,3%). Essas classes de solos constituem, aproximadamente, 88% dos solos do semiárido brasileiro que são ocupados, principalmente, com vegetação de Caatinga.

Por conseguinte, as características edafoclimáticas das regiões semiáridas, tais como intensidade e irregularidade temporal e espacial das chuvas, elevadas temperaturas, elevada evapotranspiração e solos pouco profundos com transição abrupta entre os horizontes, deixam os solos vulneráveis aos impactos das gotas de chuva e dificultam a infiltração de água, favorecendo o escoamento superficial e, conseqüentemente, tornando as condições propícias para a erosão (LI; BRISSETE; CHEN, 2014; HOU *et al.*, 2014; SU; FU, 2013; FERNANDÉZ; NÚÑEZ, 2011; STOKES *et al.*, 2010), favorecendo o fenômeno da desertificação.

Galindo *et al.* (2008), reportam que a emergência de manchas de solos expostos é a característica principal que contribui para evolução desse fenômeno no semiárido nordestino, uma das regiões brasileiras mais vulneráveis às mudanças climáticas (ANGELOTTI; SÁ; MENEZES, 2009). A abrangência da área susceptível à desertificação, no contexto do território brasileiro, coincide, praticamente, com ambientes semiáridos e sub-úmidos secos da Região Nordeste e norte de Minas Gerais.

2.2 Desertificação

Desertificação é o termo utilizado para definir a degradação do sistema bio-produtivo terrestre que compreende o solo, a vegetação, outros componentes da biota e os processos ecológicos e hidrológicos que se desenvolvem dentro do sistema, ocasionados por condições naturais e intensificados por ações antrópicas. Ou seja, é a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (BRASIL, 2007).

Conforme relatado pelo professor López Bermúdez (1995), até meados da década de 1990, a desertificação era considerada uma expansão dos desertos. López ilustrou por meio de vários trabalhos e declarações, tais como a do Instituto *Worldwatch* em 1977 na qual afirmou que a expansão do Saara se devia ao pastoreio excessivo, da retirada da vegetação e da erosão do solo nas áreas de savana.

Todavia, a desertificação se diferencia do conceito de deserto (NASCIMENTO, 2013; CAVALCANTI, 2003), pois este último resulta de condições naturais caracterizadas por clima essencialmente árido, no qual ocorrem maiores índices de evaporação em relação à precipitação anual, ocasionando diversos processos peculiares a esta condição climática que favorecem a morfogênese mecânica em detrimento de pouco, ou mesmo da ausência, de formação de solos (CEARÁ, 2010).

Segundo Pachêco, Freire e Borges (2006), a desertificação se inicia com a degradação crescente da cobertura vegetal para suprir, essencialmente, demandas energéticas (carvão vegetal) da população ou aberturas de novas áreas para pastagem. A partir deste início, com o curto regime de chuvas irregulares e torrenciais, típico do semiárido nordestino, começa a erosão nas áreas atingidas que, por sua vez, diminui a capacidade de retenção de água pelos solos e leva à redução na produção de biomassa, afetando diretamente a adição de matéria orgânica ao solo. Nesse processo a vegetação se torna cada vez mais rala e pobre em biodiversidade e porte, favorecendo a passagem da radiação solar que, por sua vez, resseca ainda mais o solo, que favorece o incremento da erosão, aumentando a aridez e retroalimentando um processo de “simplificação ecológica”, no qual a ação do homem tem papel fundamental.

Portanto, a falta de compreensão mais precisa sobre as causas da desertificação e de um conceito que seja entendido sem controvérsias (NASCIMENTO, 2013), faz com que os programas de combate à desertificação fracassem, pois se limitam ao campo das discussões políticas e sociais. A desertificação, definida pela Agenda 21 do Programa das Nações Unidas

para o Meio Ambiente - PNUMA (BRASIL, 2004a), só poderá ocorrer nas terras vulneráveis, que depende de vários fatores ambientais (clima, relevo, solo e cobertura vegetal) e ação humana.

Dessa forma, faz-se necessário diferenciar os processos que ocorrem devido às mudanças climáticas de ordem natural, como aridificação (desertização), daquelas mudanças devido às atividades humanas (degradação) que conduzem ao “rebaixamento” do ecossistema, ou seja, perdas da biodiversidade, e aos diversos problemas de caráter socioeconômico.

2.2.1 Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's)

O processo de desertificação é um fenômeno antigo que ocorre em várias partes do mundo. Relatos históricos evidenciam esse tipo de degradação há milhares de anos em regiões do Mediterrâneo, Mesopotâmia e Loess Chineses (ZHANG *et al.*, 2016; NASCIMENTO, 2013).

As áreas susceptíveis ao processo de desertificação, conforme os pressupostos acordados na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), são aquelas cujo índice de aridez (IA), calculado pela razão entre a precipitação pluvial e a evapotranspiração, esteja na faixa maior que 0,05 e menor que 0,65, caracterizando as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas (BRASIL, 2007; CEARÁ, 2010).

Baseados no estudo do Professor Vasconcelos Sobrinho no ano de 1983, sobre desertificação no Brasil, técnicos do Ministério do Meio Ambiente realizaram um levantamento e caracterizaram quatro áreas que classificaram como Núcleos de Desertificação de Gilbués (PI), de Irauçuba (CE), do Seridó (PB) e de Cabrobró (PE), por apresentarem alto risco de degradação pelas condições de semiaridez, intensificadas pelas ações antrópicas de exploração agropecuária e de extrativismo sem acompanhamento técnico especializado (CARVALHO, 2013; PERNAMBUCO, 2000; BRASIL, 2007). Segundo Soares *et al.* (1995), o estado do Ceará possui 105 municípios na região semiárida, com aproximadamente 14% do seu território situado em área susceptível ao processo de desertificação.

2.2.2 ASD's no Estado do Ceará

Dentre os macro-domínios naturais que compõem o território cearense, os sertões abrigam as áreas mais susceptíveis à desertificação (CEARÁ, 2010), em função das condições morfoclimáticas associadas às atividades antrópicas que resultam na degradação da cobertura

vegetal e no sobrepastoreio. Isso causa a compactação dos solos, diminuição da capacidade de infiltração e aumento do escoamento superficial, erosão dos horizontes superficiais, assoreamento dos corpos hídricos e diminuição da capacidade produtiva num ambiente altamente vulnerável e que requer técnicas de manejo que permitam sua recuperação.

A partir dos resultados dos estudos desenvolvidos pelo Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE), foram estabelecidas três regiões que se configuram como Áreas Susceptíveis à Desertificação no Estado do Ceará, abrangendo 12 municípios, sendo elas: (i) Sertões dos Inhamuns (Arneiroz, Independência e Tauá); (ii) Sertões de Irauçuba e Centro-Norte (Irauçuba, Santa Quitéria, Miraíma e Canindé); e (iii) Sertões do Médio Jaguaribe (Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova) (CEARÁ, 2010). Observa-se que estas ASD's estão cercadas por diversos outros municípios que apresentam níveis de ocorrência de degradação grave ou muito grave. Com isso surge a hipótese de que estas regiões poderão ter suas áreas aumentadas, caso não haja nenhuma intervenção contrária, pois os critérios utilizados para delimitação dos núcleos configurados foram pautados nas diferenças dos indicadores econômicos e sociais, visto que, do ponto de vista ambiental, todos aqueles municípios estão inseridos em ambientes com índice de aridez favorável ao processo de desertificação.

Portanto, todos os municípios que compõem as ASD's do Estado do Ceará apresentam, de maneira geral, características naturais e problemas ambientais semelhantes com limitações quanto à escassez e irregularidade de precipitações e altas taxas de evapotranspiração, além de muitas ocorrências de solos pouco profundos com presença de afloramento de rochas, oriundos dos processos erosivos muito acentuados, configurando paisagens com marcas evidentes da desertificação (CEARÁ, 2010).

É notório que as condições socioeconômicas influenciam, de maneira geral, todos os municípios da região sujeitos à desertificação, sendo mais claro nos municípios que compõem as ASD's. Dentre as causas sociais, a educação se destaca como fator de grande relevância no processo, visto que em todos os municípios analisados pelo PAE-CE foi constatado baixo nível de escolaridade da população.

Essa deficiência na educação também gera preocupação no aspecto ambiental, pois é incontestável a importância da educação formal para a preservação da natureza (CAVALCANTI, 2011), e para a disseminação de práticas conservacionistas que contribuem para conter o avanço da desertificação. Mais ainda, sem a educação formal não há como adquirir educação técnico-profissional e melhor qualidade de vida.

Embora sejam os aspectos naturais aqueles que melhor diferenciam as ASD's das demais regiões do Ceará, é perceptível a existência de fatores econômicos e sociais que aumentam a vulnerabilidade dos municípios inseridos nas ASD's ao fenômeno em questão: elevado grau de pobreza da população residente, atividades predatórias como extração irracional de lenha, inadequação de sistemas de produção agrícola, manejo inadequado na criação de ovinos e caprinos, baixo nível de escolaridade e capital humano (CEARÁ, 2010).

Por conseguinte, a pressão oriunda dessa realidade socioeconômica sobre o recurso natural solo, agravada por condições ambientais bem peculiares, responsáveis por certas limitações do ponto de vista de desenvolvimento pedológico, configura cenário atípico para formação de solos constituídos por horizontes com acúmulo de argila, sugerindo a necessidade de maior entendimento dos processos atuantes na gênese e evolução desses solos.

2.3 Processos Pedogenéticos e a Gênese do Horizonte Textural

Entende-se por processos pedogenéticos o conjunto de reações ou mecanismos de caráter químico, físico e biológico responsáveis pela formação e distinção dos horizontes ou camadas do perfil do solo, conforme a intensidade de suas combinações, resultado das condições ambientais dos chamados fatores de formação do solo. Tais processos podem ser agrupados em quatro tipos: adição, remoção, translocação e transformação (SIMONSON, 1959; VIEIRA, 1988; TARGULIAN; KRASILNIKOV, 2007). A qualidade do solo, definido como a capacidade do solo em exercer suas funções (ROSA; SOBRAL, 2008), depende da qualidade e/ou da quantidade dos produtos resultantes desses processos pedogenéticos (TARGULIAN; KRASILNIKOV, 2007).

Bockheim e Hartemonk (2013), baseados em estudos anteriores, citam três causas para a formação do horizonte de subsuperfície enriquecido com argila: translocação, a formação *in situ* e a relativa perda de argila nas camadas superficiais do solo. Vidal-Torrado *et al.* (1999), consideram como os principais processos da gênese do horizonte textural (Bt) a argiluviação, a ferrólise, o adensamento - menos conhecido que os dois processos citados anteriormente, resultante de deformações plásticas, causado por ciclos de umedecimento e secamento, frequentemente associado à argiluviação - além de outras causas menos conhecidas, tais como: a herança litológica (litodependência) e o coluvionamento.

O gradiente textural, ou seja, o aumento na concentração de argila em uma determinada seção do perfil do solo, pode ser resultante de outros processos pedogenéticos, tais

como a formação *in situ* das argilas, a partir do intemperismo de minerais primários presentes no horizonte Bt, ou pela degradação das argilas no horizonte A ou E em condições alternadas de oxidação e redução em solos extremamente ácidos (pH entre 3 e 4), conhecida por ferrólise (BRINKMAN, 1970).

No processo de oxirredução mencionado no parágrafo anterior, o ferro é solubilizado e removido, sendo substituído por hidrogênio e produzindo, com isso, a protólise das argilas, tornando-as instáveis e sujeitas à destruição (MAFRA *et al.*, 2001; PHILIPS, 2007).

Dentre os processos pedogenéticos elementares, a translocação de argila (EMBRAPA, 2013) ou Argiluviação (EUA, 2010) ou Lessivagem é a mais conhecida e aceita pela maioria dos autores como responsável pela formação do horizonte Bt e do consequente gradiente textural (VIDAL-TORRADO *et al.*, 1999) e consiste na transferência vertical de partículas finas da área superficial do perfil do solo, denominado como horizonte eluvial (WRB, 2006; EMBRAPA, 2013), para zonas ou seções subjacentes onde há acumulação iluvial dessas partículas, caracterizando o horizonte B textural (WRB, 2006; EMBRAPA, 2013) ou horizonte *Argillic* (EUA, 2010).

Uma das características principais do horizonte Bt é a presença dos revestimentos formados de partículas coloidais finas depositadas, denominadas de *cutans*. *Cutans* é um termo geral que pode ser caracterizados como complexos organominerais amorfos (*organans*) ou complexos sesquióxidos (*sesquans*) ou, ainda, podem ser formados a partir de minerais cristalinos argilosos de orientação paralela chamados de argilãs, que caracterizam o horizonte B textural (DUCHAUFOR, 1983).

Estudo realizado em solos argilosos na Austrália por Sullivan e Koppi (1994), mostra algumas feições típicas de argilãs que confirmam se tratar de materiais iluviais, tais como: ausência de partículas de silte dentro dos revestimentos, aparência laminada das argilas dentro da estrutura, confirmando a formação por deposição de partículas em suspensão e ausência de estriamentos que seriam típicos de estruturas formadas por estresse (MAFRA *et al.*, 2001). MAFRA *et al.* (2001) salientam ainda que, nem todos os argilãs podem ser relacionados com o processo de argiluviação, pois, em muitos casos, essas estruturas formam-se no próprio local, por microdivisão de micas ou por migração em distâncias curtas.

O processo de argiluviação ou translocação de argila, inicialmente, ocorre com a mobilização de partículas, seguido do transporte e deposição desses materiais, caracterizando mecanismos físico-químicos complexos, cuja intensidade ou a velocidade das reações será favorecida, ou não, conforme as condições pedoclimáticas, interação e natureza das partículas,

bem como, pela capacidade de troca catiônica, pH do solo e pela presença de agentes cimentantes, tais como: ferro, manganês, silício, óxidos de alumínio e matéria orgânica, que podem favorecer a floculação ou, ainda, pela sua ausência, facilitar a mobilização de partículas (QUÉNARD *et al.*, 2011).

Oliveira (2008) alerta sobre a vulnerabilidade aos processos erosivos dos solos com maiores concentrações de argila nos horizontes subjacentes em relação aos horizontes E ou A. O processo erosivo poderá ser acentuado se esses solos apresentarem mudança textural abrupta e estiverem situados em declives mais acentuados, com horizonte Bt mais próximos da superfície do terreno.

Por conseguinte, a degradação dos Luvisolos em regiões semiáridas tem favorecido o processo de erosão e, conseqüentemente a remoção do horizonte A desses solos, expondo o horizonte Bt à superfície do terreno. Dessa forma, o horizonte B textural fica vulnerável à força do impacto da gota d'água das chuvas torrenciais, muito comuns nessas regiões, causando a desagregação das partículas desses solos que são facilmente transportadas pela água do escoamento superficial, para áreas topográficas mais deprimidas.

A translocação de argila tem sido responsável, direta ou indiretamente, pela diferenciação dos horizontes pedogenéticos de diversos tipos de solos, inseridos em ambientes com características climáticas distintas (QUÉNARD *et al.*, 2011). Mas, há controvérsias em relação à contribuição da translocação e a concentração de argila no horizonte B, pois alguns trabalhos reportam o elevado teor de partículas finas ($< 2\mu\text{m}$) no horizonte iluvial como resultado da degradação *in situ* dos minerais primários (LEGROS, 2007), enquanto outros mostraram que, utilizando luminescência de grãos de quartzo, o contraste textural ocorreu devido uma sequência histórica de depósitos eólicos e não, por translocação de argila (KRULL *et al.*, 2006).

Já Phillips (2007) atribui três causas para o contraste textural vertical nos solos: 1) herança do material de origem; 2) deposição de material mais grosseiro em solo mais fino e; 3) transferência de partículas em solução, transportadas pela água de percolação, e posterior precipitação desse material nos horizontes iluviais subjacentes.

Certamente, outros processos podem contribuir para diferenciação textural entre os horizontes do solo, tais como: formação de argila pelo intemperismo de minerais primários - neoformação; bioturbação; microdivisão, elutriação, erosão de argila, entre outros (PHILLIPS, 2007; VAN BREEMEN; BUURMAN, 2002). No entanto, a transferência vertical de partículas é inquestionável e reconhecida por cientistas de diversas áreas do conhecimento como importante

processo pedoambiental, mesmo diante das dificuldades e do desafio de esclarecer algumas questões sobre este processo (QUÉNARD *et al.*, 2011). Um exemplo é o caso do tempo necessário para formação das diferenciações de texturas em solos que podem variar de dezenas a milhares de anos (FINKE; HUTSON, 2008; JAMAGNE, 1973), e da variabilidade das condições climáticas que perpassa desde climas mais quentes e úmidos (JAMAGNE, 1973) a climas temperados, conforme relata Fedoroff (1997).

Targulian e Krasilnikov (2007) sugerem o agrupamento dos processos pedogenéticos, de acordo com os tempos característicos, em três grandes classes: rápidas (10^{1-2} anos), taxas médias (10^{3-4} anos) e lentas (10^{5-6} anos). Dessa forma, a lessivagem ou translocação de argila ficaria na classe de tempo médio com duração de aproximadamente 1000 anos. Os autores explicam que o tempo característico de um processo pedogenético não tem um valor constante, pois dependerá das condições ambientais e da intensidade de atuação dos fatores de formação do solo. Como exemplo, os autores relatam que solos formados em regiões com baixo potencial climático de pedogênese (climas frios e desertos quentes) ficarão situados na faixa dos processos da classe rápida (TARGULIAN; KRASILNIKOV, 2007).

São muitas as variáveis que influenciam o processo de translocação de argila e formação do horizonte B textural. Dentre essas variáveis estão às condições climáticas, o material de origem, o tempo necessário para acumulação, assim como a própria textura do solo que influencia, juntamente com a topografia do terreno, tanto no armazenamento como na condutividade hidráulica, além dos diversos organismos que são influenciados por estas características pedoambientais.

Por conseguinte, os fatores de formação do solo podem interferir na formação do horizonte textural, como sugerem Nettleton *et al.* (1975), sobre a influência das condições climáticas, afirmando que em ambientes áridos a gênese dessas camadas enriquecidas com argila é bem inferior à formação desses horizontes em zonas úmidas e que, quando presentes em zonas áridas, são heranças de períodos úmidos pretéritos (KHADEMI; MERMUT, 2003; KHORMALI *et al.*, 2003). Além disso, estudos que examinaram a formação de horizonte textural, por meio de mudanças ambientais regionais, mostram que a iluviação da argila é mais intensa em região úmida do que em área seca da paisagem (GUNAL; RANSOM, 2006; KHORMALI *et al.*, 2012).

Em ambientes úmidos, os horizontes texturais são mais fortemente desenvolvidos em solos bem drenados do que em solos com drenagem restrita (CREMEENS; MOKMA, 1986; HOPKINS; FRANZEN, 2003).

O material de origem é outro fator que interfere diretamente no desenvolvimento do horizonte textural e, segundo Philips (2007), nenhum elemento por si só é suficiente para criar um contraste textural no solo. Porém, dependendo do material de origem, nem todos são necessários.

2.3.1 Solos com horizonte B textural

Vários sistemas de classificação de solos reconhecem como critério para diferenciação, em alto nível hierárquico, o horizonte enriquecido com argila como característica para distinguir classes de solo. Alguns dos solos mais importantes do mundo, na produção de alimentos e fibras, possuem horizontes enriquecidos com argila (BOCKHEIM; HARTEMONK, 2013). Esse horizonte é importante para reserva nutricional do solo, retenção de água, estabilidade e estrutura pedológica (HOPKINS; FRANZEN, 2003).

O acúmulo de argila no horizonte B, em detrimento da perda desse material na porção superior do perfil, é um fenômeno comum em muitos solos, sendo utilizado em vários sistemas de classificação. Mafra *et al.* (2001), citando trabalhos anteriores, afirmam que a migração descendente de argila do horizonte A para o B pelo processo de lessivagem ou argiluviação é um dos processos pedogenéticos mais comuns e destacados nos sistemas de classificação de solos, caracterizando principalmente as ordens dos Ultisols e Alfisols na classificação norte-americana (“Soil Taxonomy”) (EUA, 2010). No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2013), os solos que apresentam este incremento de argila são enquadrados no primeiro nível categórico, em ordens como Argissolos, Luvisolos entre outros. Todos esses solos são amplamente distribuídos em várias superfícies geomórficas do mundo (WEST *et al.*, 1998; MAFRA *et al.*, 2001).

2.3.2 Luvisolos (SiBCS)

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, Luvisolos são solos cujo perfil apresenta horizonte de subsuperfície com acumulação de argila, diferenciando da classe dos Argissolos, praticamente, por possuir no horizonte Bt alta atividade da fração argila associada à alta saturação por bases. São normalmente solos pouco profundos (60 a 120 cm) com sequência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C com nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt (EMBRAPA, 2013).

Por conseguinte, suas propriedades químicas configuram alta fertilidade natural, por se tratar de solos eutróficos, com elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e possuir elevados teores de cálcio, magnésio e potássio, com média a alta soma de bases trocáveis. As limitações de uso estão relacionadas, de modo geral, às suas características físicas, pois a pequena profundidade do contato lítico, a frequente ocorrência de pedregosidade superficial, a alta erodibilidade desses solos conferem muitos impedimentos para desenvolvimento das atividades agrícolas (FUNCEME, 2012).

Oliveira (2008) atribui o alto risco erosivo nos Luvisolos, além de suas feições morfológicas, tais como a mudança textural abrupta, ao fato desses solos estarem situados, no caso do Brasil, predominantemente, na região semiárida onde a concentração das chuvas aumenta o potencial erosivo. Oliveira *et al.* (2009) levantam a hipótese de que os gradientes textuais dos solos em regiões semiáridas, ao menos em parte, são atribuídos à remoção preferencial de argila do horizonte superficial decorrente da alta energia do escoamento superficial provocado pelas precipitações pluviais, concentradas em poucos eventos de curta duração e elevada intensidade (INÁCIO *et al.*, 2007; CHAVES, FREIRE; AMORIM NETO, 1985). Então, solos com vegetação deverão ter esse movimento de argila mais acentuado em profundidade.

A pedregosidade superficial nos Luvisolos, ou seja, a presença comum de calhaus e matacões na superfície desses solos, funciona como fator positivo, no sentido de diminuir o poder erosivo das enxurradas, pois amortecem o impacto da gota d'água, impedindo a destruição da estrutura e o conseqüente carreamento das partículas dos solos (OLIVEIRA, 2008). Em contrapartida, essa pedregosidade superficial dificulta o manejo do solo para o cultivo.

Diante de todas as peculiaridades desses solos, no que se refere às suas potencialidades e limitações, acrescidas das condições socioambientais complexas da região semiárida, seu uso atual abrange culturas de subsistência (milho, feijão e fava) conciliadas com pastagens naturais melhoradas artificialmente, mas sem nenhuma prática conservacionista, levando a elevado grau de degradação das terras.

Sá *et al.* (2010) enquadram os Luvisolos como a principal classe pedológica das áreas do Nordeste do Brasil em processo de desertificação em nível de degradação severa, sendo o Ceará o segundo estado com maior área degradada (28,98%) de seu território, com predomínio de Luvisolos, seguido pelos Neossolos (6,03%), Argissolos (3,47%) e Planossolos (14,03%), conforme os níveis de degradação, acentuado, moderado e baixo, respectivamente.

Mesmo com certa expressão espacial, ocupando cerca de 107 mil km² na região semiárida do nordeste brasileiro, as informações disponíveis sobre os Luvisolos ainda são incipientes e encontram-se dispersas em alguns trabalhos (OLIVEIRA *et al.*, 2008), identificados como os antigos solos Brunos Não-Cálcicos, nomenclatura anterior à publicação do SiBCS (OLIVEIRA *et al.*, 2009), carecendo, portanto, de mais pesquisas que possam esclarecer sua importância na dinâmica da paisagem e, por conseguinte, orientar práticas de uso e ocupação que sejam compatíveis com o desenvolvimento sustentável da região semiárida.

2.4 Educação em Solos e a “Consciência Pedológica”

A retirada da vegetação, a pecuária extensiva e a agricultura com tecnologias rudimentares são exemplos de intervenções antrópicas que têm contribuído, historicamente, para degradação ambiental das regiões semiáridas. Muggler, Sobrinho e Machado (2006) afirmam que a falta do conhecimento da importância pedológica para o equilíbrio do sistema ambiental, atrelada à exploração predatória sem consciência de práticas conservacionistas, contribui para degradação do solo, seja pelo mau uso, seja pela sua ocupação desordenada, trazendo vários problemas ambientais, tais como: erosão, poluição, deslizamentos, assoreamento de cursos de água, etc.

Dessa forma, para que o indivíduo adquira consciência de sua responsabilidade ambiental, faz-se necessário o conhecimento sobre o funcionamento e as inter-relações que há entre os componentes dos sistemas naturais e sociais. Para entender a complexidade dessa interação é indispensável o apoio das instituições educacionais, no sentido de promover a sustentabilidade por meio de ações que busquem soluções para o crescimento econômico conciliado ao desenvolvimento social de forma a manter equilíbrio com a natureza.

Assim, para alcançar este equilíbrio socioambiental, faz-se necessário estudar os processos oriundos dos fluxos de matéria e energia nos fenômenos ambientais em escala espaço-temporal, de forma que possa permitir a compreensão sistematizada da natureza e das transformações ocorridas a partir das ações humanas sobre os recursos naturais. O conceito de sistema é o melhor instrumento lógico de que se dispõe para investigar os problemas do ambiente. Ele permite adotar atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse ambiente (TRICART, 1977).

Dentro dessa concepção, sabe-se que cada fenômeno incorporado num sistema, geralmente, pode ser analisado como um sistema (ROSOLÉM; ARCHELA, 2010; TRICART, 1977) e que a partir dele e dos demais subsistemas inter-relacionados, pode-se chegar à compreensão do funcionamento do sistema como um todo. Baseado neste princípio, entende-se que o solo deve ser analisado de forma mais detalhada, pois além de ser fonte de riqueza essencial para a vida no planeta, expressa a condição do meio onde está inserido, por ser fruto da combinação entre os diversos fatores de formação que interagem na busca pelo equilíbrio ambiental. Jesus *et al.* (2013), corroboram ao afirmarem que a escola deve ser capaz de incorporar a temática ambiental, incluindo os recursos naturais de forma sistêmica, tal qual o solo, trabalhando a relação homem-ambiente-sociedade de forma coerente e consistente.

Muggler, Sobrinho e Machado (2006) apontam para necessidade de promover a denominada “consciência pedológica” que poderá nascer de um processo educativo que privilegie a noção de sustentabilidade na relação homem-natureza. Os autores justificam essa proposta afirmando que os conteúdos pedológicos são extremamente adequados a isso, uma vez que o solo é componente do ambiente natural e humano, presente no cotidiano das pessoas, que é familiar a todos. Esses conteúdos possibilitam, inclusive, que as questões ambientais globais sejam trabalhadas de forma mais concreta, ao lidar com aspectos locais e familiares (MUGGLER; SOBRINHO; MACHADO, 2006).

A falta de conhecimentos básicos sobre a natureza, agravada pela necessidade de luta contra as limitações de ordem econômica e social ou mesmo pelo próprio ciclo natural, pode levar a um desequilíbrio socioambiental. Frasson e Werlang (2010) frisam que o solo, como componente essencial do meio ambiente e, portanto, da vida, tem seu estudo pouco valorizado na educação básica e perante outros elementos naturais como a água e o ar. Essa condição justifica a atitude, da maioria das pessoas, de pouca consciência e sensibilidade em relação ao solo, como destacam Muggler, Sobrinho e Machado (2006).

Portanto, promover a educação para o ambiente, a partir de uma abordagem pedológica, é uma maneira de promover a conscientização ambiental das pessoas, de forma que elas tenham um conjunto de valores que as instrumentalize para perceber, analisar e avaliar os impactos das ações públicas e privadas, assim como o impacto de suas próprias ações sobre o solo e, portanto, sobre o meio ambiente (JESUS *et al.*, 2013; VAN BAREN; MUGGLER; BRIDGES, 1998).

A Educação Ambiental pode ser caracterizada como o conjunto de experiências e observações que contribuem para que toda pessoa perceba sua relação com o meio ambiente e

sua responsabilidade para com ele (SATO, 2003). No mesmo sentido, a Educação em Solos, segundo Muggler, Sobrinho e Machado (2006), tem como principal objetivo trazer o significado da importância do solo à vida das pessoas e, portanto, da necessidade da sua conservação e do seu uso e ocupação sustentáveis. Assim como a Educação Ambiental, a Educação em Solos coloca-se como processo de formação que, em si, precisa ser dinâmico, permanente e participativo.

Dessa forma, foram estabelecidos, na Conferência de Tbilisi, em 1977, doze princípios orientadores da Educação Ambiental, com o intuito de garantir a efetivação dos objetivos propostos e que estão em vigência até os dias atuais (CZAPSKI, 1998; MUGGLER, SOBRINHO; MACHADO, 2006). **1. Considerar** o ambiente em sua totalidade, seus aspectos naturais e artificiais, tecnológicos e sociais (econômico, político, técnico, histórico cultural e estético); **2. Construir-se** num processo contínuo e permanente, que se inicie na educação infantil e se estenda por todas as fases do processo educativo formal e não-formal; **3. Empregar** o enfoque interdisciplinar, aproveitando o conteúdo específico de cada disciplina, objetivando uma perspectiva global e equilibrada; **4. Examinar** as principais questões ambientais em escala local e global, de modo que os educandos tomem conhecimento das condições ambientais de outras regiões geográficas; **5. Concentrar-se** nas situações ambientais atuais e futuras, considerando também a perspectiva histórica; **6. Insistir** no valor e na necessidade de cooperação local e global, como forma de prevenir e resolver os problemas ambientais; **7. Considerar** explicitamente os problemas ambientais nos planos de desenvolvimento e crescimento econômico; **8. Fazer** com que os educandos participem na organização de suas experiências de aprendizagem, proporcionando-lhes oportunidade de tomar decisões e de acatar suas consequências; **9. Estabelecer** uma relação entre a sensibilização pelo ambiente, a aquisição de conhecimentos, a capacidade de resolver problemas e o esclarecimento dos valores; **10. Contribuir** para que os educandos descubram os efeitos e as causas reais dos problemas ambientais; **11. Salientar** a complexidade dos problemas ambientais e, conseqüentemente, a necessidade de desenvolver o sentido crítico e as aptidões necessárias para resolvê-los; **12. Utilizar** diferentes ambientes educativos e uma ampla gama de métodos para comunicar e adquirir conhecimentos sobre o meio ambiente, privilegiando as atividades práticas e as experiências pessoais.

De acordo com Muggler, Sobrinho e Machado (2006), as características e os princípios da Educação em Solos são os mesmos da Educação Ambiental, citados no parágrafo anterior. Portanto, as teorias e os métodos adotados também devem ser as mesmas e devem ser

desenvolvidas a partir da concepção Construtivista (VYGOTSKY, 1998), cujo conhecimento é (re)construído por meio da interação entre as experiências do educando e o meio ao qual está inserido. Nessa perspectiva, o uso das etnociências, ou seja, da etnopedologia deverá auxiliar a busca do “novo conhecimento” visto que esse é estruturado a partir do que já se conhecia anteriormente, pelos educandos.

2.4.1 Educação em Solos e a Etnopedologia

Para a promoção da Educação em Solos é necessária a apropriação, por parte do educador, do conhecimento prévio dos educandos. Assim como para todas as ações didático-pedagógicas que envolvam o processo de ensino-aprendizagem, a partir da concepção sócio-construtivista interacionista (VYGOTSKY, 1998) de desenvolvimento e aprendizagem. Essa teoria se caracteriza pela conquista do conhecimento mediada por interações sociais e que envolve a relação entre sujeito e a realidade no seu entorno, pressupondo que o ser humano modifica o meio, mas também é modificado por ele, segundo suas experiências pessoais (DIAS; TEIXEIRA, 2011). A Educação em Solos deverá considerar o educando como sujeito interativo nesse processo e suas experiências deverão ser as bases para construção colaborativa de novos saberes e atitudes, utilizando para isso a etnopedologia como recurso nesse processo.

A etnopedologia vem a ser, portanto, um ramo da etnoecologia. É uma disciplina estruturada a partir da combinação das ciências naturais e sociais. A ciência do solo e o levantamento geopedológico, a antropologia social e a geografia rural, a agronomia e a agroecologia, todas contribuem para a estruturação da etnopedologia. Assim, a etnopedologia se propõe a estudar o conhecimento que o povo tem acerca dos recursos do solo, levando em consideração os conhecimentos sobre a natureza e os valores da cultura e da tradição local (ARAÚJO *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2006). Enfim, a Educação em Solos deve se apropriar da etnopedologia como ferramenta de partida para associar o conhecimento empírico da comunidade local sobre o solo e suas funções com a educação formal sistematizada.

2.4.2 Solos na Educação Básica: dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) do ensino fundamental à prática docente

Para que haja interação entre a ciência do solo e os conhecimentos empíricos da população sobre o uso da terra, faz-se necessário a atuação do professor-pesquisador na educação

básica. Nunes (2008) conclui que a formação do professor-pesquisador favorece a proliferação de práticas pedagógicas eficazes, tornando-os aptos a comparar métodos de ensino, refutar teorias e produzir novos conhecimentos.

Nessa mesma ótica, importantes centros de pesquisa brasileiros e outros situados em países da Europa, Estados Unidos e Austrália, têm atuado na área de educação e ensino do solo, ampliando, discutindo e divulgando o conhecimento produzido (HARTEMINK *et al.*, 2014; DAMIEN *et al.*, 2011; HAVLIN *et al.*, 2010; HANSEN *et al.*, 2007; McCALLISTER; LEE; MASON, 2005; BOUMA, 1997; RUELLAN, 1997).

Por conseguinte, nos dias atuais, a formação continuada dos professores tem se colocado como questão-chave na busca de melhorias na qualidade do ensino básico, uma vez que a formação inicial do professor não é suficiente para capacitá-lo diante dos desafios da sala de aula. Especificamente, em relação aos conteúdos de solos, os professores geralmente encontram dificuldades tanto conceituais quanto pedagógicas (CIRINO, 2008).

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 9.394/96), o ensino fundamental no Brasil tem por objetivo, entre outros, a formação básica do cidadão mediante “a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade”. Já os Parâmetros Curriculares Nacionais PCN’s (BRASIL, 1998) indicam como um dos objetivos do ensino fundamental que os alunos sejam capazes de “perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações entre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do meio ambiente”.

A abordagem ambiental está contemplada, além das disciplinas curriculares geografia e ciências, na proposta educacional dos PCN’s como um dos temas transversais de questões sociais urgentes, que se configuram num conjunto de assuntos que devem estar presentes no cotidiano escolar, permeando a concepção das diferentes áreas, seus objetivos, conteúdos e orientações didáticas. Assim, esse tema é trabalhado de forma a contribuir para a formação de cidadãos conscientes, aptos a decidir e a atuar na realidade socioambiental (BRASIL, 1998).

Em relação aos conteúdos que envolvem os solos, os PCNs indicam sua abordagem nas disciplinas de ciências e geografia, assim como no tema transversal ‘meio ambiente’ (BRASIL, 1998). Observa-se, portanto, que os conteúdos de solos estão presentes e bastante enfatizados nos PCNs, principalmente no ensino fundamental. Mesmo assim, Falconi (2004) constatou diversos problemas no ensino de solos nas escolas de educação básica, onde muitas

vezes sua abordagem não chega a ser feita pelos professores, seja pela falta de conhecimento seja pela complexidade do conteúdo.

Sobrinho (2005) destaca a dificuldade dos professores na abordagem dos conteúdos pedológicos no contexto ambiental, por falta de metodologia, assim como, falta de conhecimento específico sobre o assunto, resultando no desinteresse de professores e alunos pelo tema. No mesmo contexto, Cirino (2008) verificou que, em relação ao ensino de solos, os professores possuem deficiências conceituais e pedagógicas, causadas pela complexidade do conteúdo que envolve conhecimentos específicos de diferentes disciplinas e pelas deficiências em suas formações iniciais. O autor acrescenta ainda que, essas dificuldades são acentuadas com as falhas dos livros didáticos que apresentam os conteúdos de solos de forma fragmentada e descontextualizada, contribuindo para o desconhecimento da importância dos solos enquanto componentes do ambiente natural.

Diante dessa problemática, Lima (2005) reforça que é fundamental incorporar a discussão sobre solos na educação básica, bem como despertar nos professores e alunos a conscientização a partir do conhecimento e dos conceitos de solo, que por si só não resolve o problema da degradação ambiental, mas contribui para a reversão deste processo. Da mesma forma, Favarim (2012), destacando a importância do solo na manutenção dos ecossistemas, afirma que é essencial que esse tema seja trabalhado no contexto ambiental pelas instituições de ensino fundamental, levando em consideração o conhecimento que os alunos já possuem inter-relacionando-os ao conhecimento científico.

Enfim, compreender o fenômeno da desertificação como resultado da ação humana é perceber que, por meio da educação sistematizada, é possível criar mecanismos para mitigar essa degradação, conforme discutido no capítulo 3 desse trabalho. Para que isso ocorra, faz-se necessário conhecer os principais impactos causados aos processos naturais e o comportamento pedogenético dos solos inseridos nas ASD's, investigado no capítulo seguinte.

3 CAPÍTULO II - INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NOS PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E GÊNESE DO HORIZONTE TEXTURAL EM ÁREA SUSCEPTÍVEL À DESERTIFICAÇÃO

RESUMO

O processo de desertificação é um fenômeno antigo que ocorre em várias partes do mundo. No Brasil essa problemática tem assumido lugar de destaque entre os processos de degradação do solo. Na comunidade Riacho do Brum, localizada no município de Jaguaribe do estado do Ceará, esses solos foram explorados com agricultura de subsistência sem práticas conservacionistas, estando há sete anos sem cultivo. Apresentam atualmente pequenas “ilhas” com solos com vegetação (SCV) contrastando com áreas de solos sem vegetação (SSV). Pressupõe-se que existem diferenças significativas nas características morfológicas e nos atributos físicos e químicos que possam estar influenciando a gênese do horizonte textural dos solos inseridos nessa área. O objetivo desse trabalho foi compreender o comportamento dos Luvisolos nas condições geoambientais de desertificação, sob diferentes estados de densidade da cobertura vegetal. Para tanto, foram realizadas descrições morfológicas de perfis pedológicos, análises físicas e químicas de amostras de solos coletadas em quatro trincheiras e três mini-trincheiras, de cada tratamento (SSV e SCV) bem como estudo das imagens micromorfológicas e testes de infiltração nas duas situações investigadas. Para os tratamentos estatísticos foram consideradas séries de, no mínimo, quatro repetições. Os resultados laboratoriais e as demais informações adquiridas no campo foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com delineamento inteiramente casualizado, considerando dois tratamentos (SCV e SSV) realizando comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e correlações simples entre variáveis aplicando o teste t ($p < 0.05$). Constataram-se diferenças relevantes entre diversos atributos dos solos tais como: maior profundidade, maiores teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Carbono na fração Humina (C-HUM), maior Porosidade Total (PT), menor Densidade do Solo (D_s) e maior Velocidade de Infiltração Básica (VIB) nos SCV ao comparar com os SSV, comprovando a importância da proteção natural para qualidade do solo e a maior intensidade dos processos pedogenéticos favorecidos por condições de umidade e aeração, resultando na maior concentração de argila nos horizontes Bt dos solos com vegetação.

Palavras-chave: Translocação de argila. Horizonte Iluvial. Compactação.

ABSTRACT

The desertification process is an ancient phenomenon occurring in various parts of the world. In Brazil this problem has assumed a prominent place among soil degradation processes. In the community of Riacho do Brum, located in the municipality of Jaguaribe in the state of Ceará, these soils were explored with subsistence agriculture without conservation practices, being seven years without crop. They currently present small "islands" with vegetated soils (SCV), contrasting with areas with no vegetation (SSV). It is assumed that there are significant differences in the morphological characteristics and the physical and chemical attributes that may be influencing the genesis of the textural horizon of the soils inserted in this area. The objective of this work was to understand the behavior of the Luvisols in geoenvironmental conditions of desertification under different vegetation cover density. Morphological descriptions of pedological profiles, physical and chemical analyzes of soil samples collected in four trenches and three mini trenches of each treatment (SSV and SCV), as well as the study of micromorphological images and infiltration tests in both situations Investigated. For the statistical treatments, a series of at least four replications were considered. The laboratory results and other information acquired in the field were submitted to analysis of variance (ANOVA), with a completely randomized design, considering two treatments (SCV and SSV), comparing means by the Tukey test at the 5% probability level and correlations Between the variables using the t test ($p < 0.05$). It was verified that the Total Organic Carbon (TOC) and Carbon in the humina fraction (C-HUM) were higher in the soil, and higher basic infiltration velocity (BIV), in SCV when compared to SSV, confirming the importance of natural protection for soil quality and the greater intensity of pedogenetic processes favored by humidity and aeration conditions, resulting in a higher concentration of clay in the horizons Bt of soils with vegetation.

Keywords: Clay Translocation. Iluvial horizon. Compaction.

3.1 Introdução

O Estado do Ceará possui, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), uma região reconhecida como Núcleo de Desertificação de Irauçuba. Mas, de acordo com trabalhos realizados pelo Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE), foram estabelecidas, além do Núcleo de Irauçuba, mais duas regiões que se configuram como Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's), os Sertões dos Inhamuns e os Sertões do Médio Jaguaribe.

Neste contexto, a comunidade Riacho do Brum, localizada a 40 km da sede do município de Jaguaribe representa essa realidade semiárida e, conseqüentemente retrata um ambiente com claras evidências de degradação, percebido pelos processos erosivos que removem os horizontes superficiais dos solos e apresentam afloramentos rochosos. Esses solos foram explorados com agricultura de subsistência sem práticas conservacionistas, estando há sete anos sem cultivo.

Atualmente, a vegetação dessa área apresenta-se esparsa na paisagem, formando “ilhas” de arbustos com solos recobertos por serapilheira, contrastando com solos desprotegidos que apresentam evidências de erosão laminar com exposição de horizontes de subsuperfície e afloramentos rochosos. Devido a esse contraste, pressupõe-se que existam diferenças significativas nas características morfológicas e nos atributos físicos e químicos do solo e que provavelmente estão influenciando a gênese do horizonte textural dos solos inseridos nessa área.

Dentre as classes de solos inseridas nas ASD's do Estado do Ceará, os Luvisolos merecem atenção, tanto pela gravidade da degradação, quanto pelo percentual da área ocupada. Estes solos apresentam limitações físicas para o uso agrícola, pois geralmente são pouco profundos e pedregosos e de fácil erodibilidade. Em contrapartida, os Luvisolos são importante recurso no semiárido cearense, pois possuem boa fertilidade química e são utilizados para agricultura de subsistência no cultivo do milho, feijão e fava.

Um critério estabelecido para classificação desse solo é a presença de horizonte B textural, denominado pelo Sistema Brasileira de Classificação de Solos (SiBCS) de horizonte diagnóstico de subsuperfície. Este horizonte tem como principal característica o acúmulo de argila que, entre outras causas, está relacionado com o processo de translocação que requer a percolação da água pelo perfil do solo para o transporte e deposição dos argilominerais.

Esse processo é caracterizado por mecanismos físico-químicos complexos, cuja intensidade ou a velocidade das reações será favorecida, ou não, conforme as condições

pedoambientais, interação e natureza das partículas, bem como, pela capacidade de troca catiônica, pH do solo e pela presença de agentes cimentantes, que podem favorecer a floculação ou, ainda, pela sua ausência, facilitar a mobilização de partículas.

Esse horizonte textural é importante para reserva nutricional do solo, retenção de água, estabilidade e estrutura pedológica. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar se há modificações significativas no comportamento das características pedológicas dos Luvisolos, em áreas com e sem cobertura vegetal, inseridos na região sob processo de desertificação no município de Jaguaribe, Ceará.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Delimitação da Área de Estudo

Dentre as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's) do estado do Ceará ilustradas na Figura 1, a dos Sertões do Médio Jaguaribe foi definida como objeto deste estudo.

Este estudo foi realizado no município de Jaguaribe (FIGURA 2), aproximadamente a 238 km da cidade de Fortaleza, na região leste do estado do Ceará, na Comunidade Riacho do Brum. O local de estudo situa-se nas proximidades do perímetro delimitado para o projeto piloto de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) em risco de desertificação (FIGURA 3), desenvolvido pelo Governo do Estado, por meio da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado do Ceará (FUNCEME). Essa região apresenta diversas áreas que contrastam pela diferença da densidade da cobertura vegetal sobre solos, conforme detalhado na figura 3 (A e B).

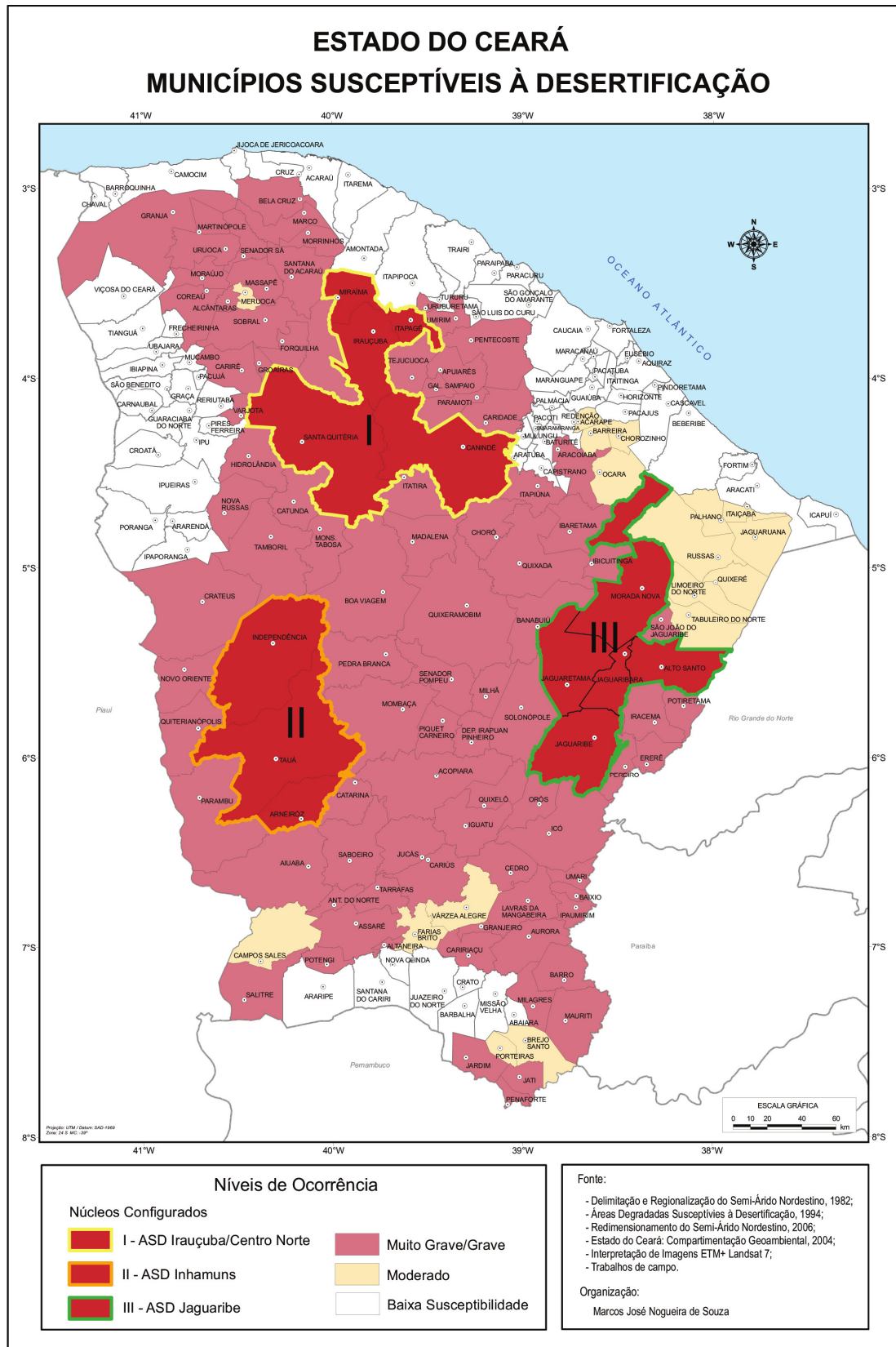
A área avaliada foi utilizada pela comunidade local para agricultura de sequeiro, com técnicas rudimentares para o preparo da terra, seguindo a cultura do desmatamento e da queimada. Por ocasião da escassez de chuvas dos últimos anos na região, a área estava em pousio há sete anos, com pastejo ocasional de bovinos, ovinos e caprinos.

3.2.2 Aspectos Geoambientais

O município de Jaguaribe possui área territorial de 1.876,8 km² (IBGE, 2015), com população de, aproximadamente 34.500 habitantes que se distribui em cinco distritos: Jaguaribe, Mapuá, Nova Floresta, Feiticeiro e Aquinópolis (IPECE, 2014). Esta região está inserida na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, mais precisamente na sub-bacia do Médio Jaguaribe que abrange área de 10.352,37 km².

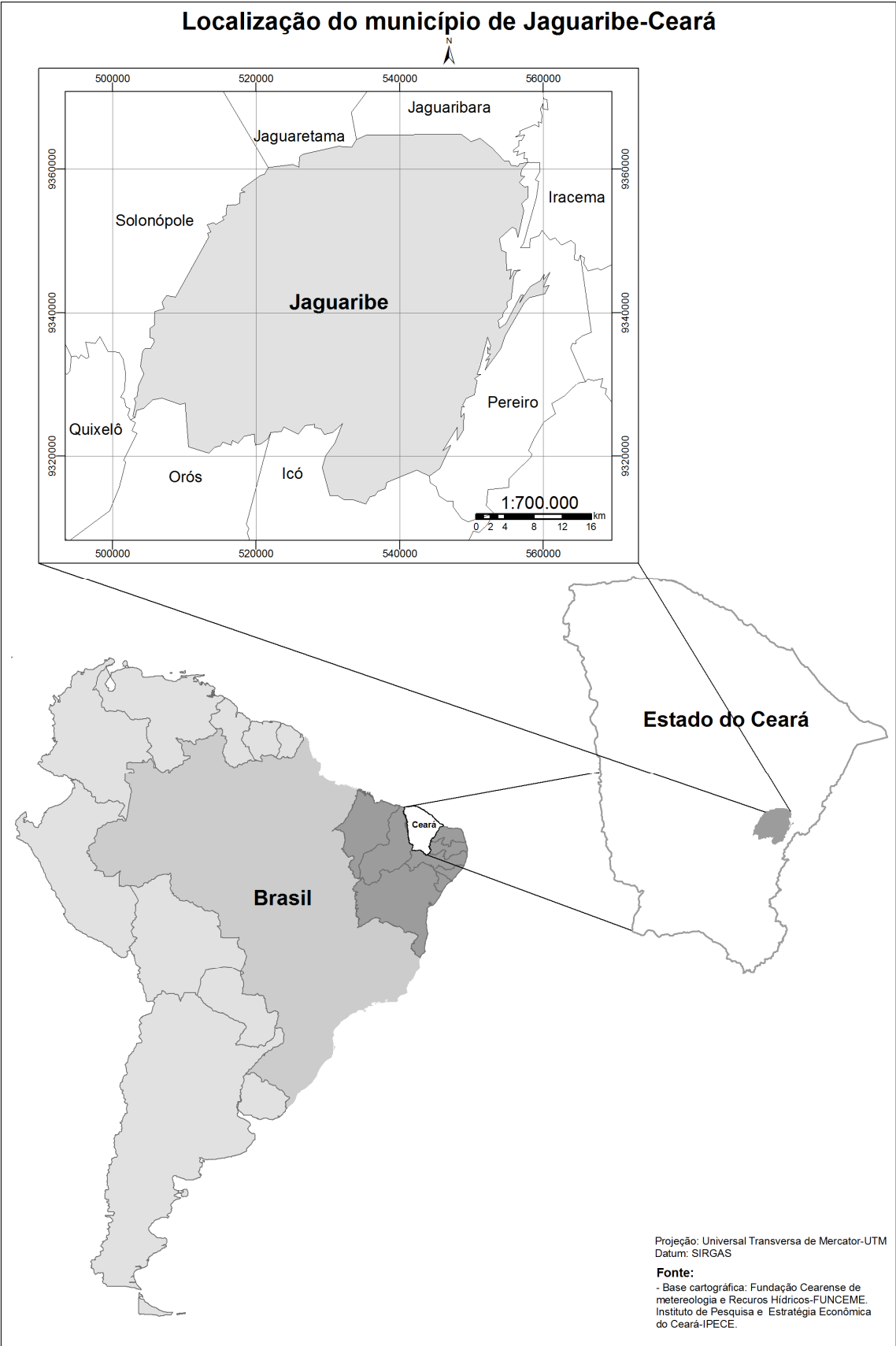
Dentre os 15 açudes inseridos nessa sub-bacia, que somam capacidade de armazenamento na ordem de 7.401.560.000 m³, destaca-se a importância do Açude Público Padre Cícero (Castanhão), localizado no município de Jaguaribara, devido à grande capacidade de armazenamento (6.700.000.000 m³), bem como pela infraestrutura de distribuição e abastecimento de água para Região Metropolitana de Fortaleza.

Figura 1 – Cartograma de identificação das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's) do estado do Ceará



Fonte: Ceará (2010).

Figura 2 – Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 – Imagem de satélite do projeto de Recuperação de Área Degradada (RAD) na Comunidade Riacho do Brum (Jaguaribe, Ceará), destacando-se área com e sem cobertura vegetal

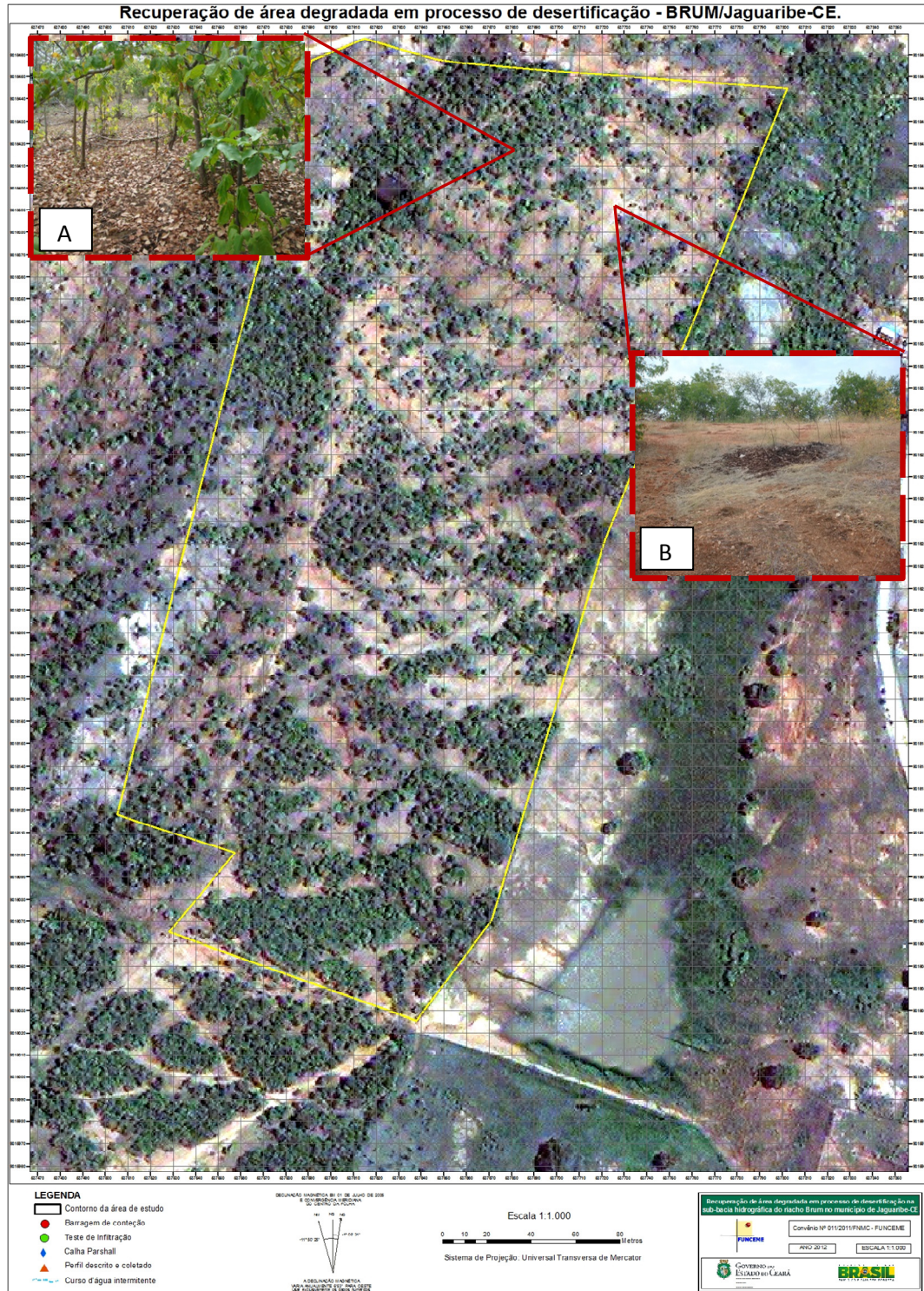


Foto A - área com serapilheira e cobertura vegetal; Foto B - área com solos expostos sem cobertura vegetal e com evidências de erosão.

Fonte: imagem da FUNCEME e fotos do autor, elaborado pelo autor.

A precipitação pluvial média do município é de 677 mm por ano, com estimativa de 1.080 mm ano⁻¹ de evapotranspiração potencial (VAREJÃO-SILVA, 1990). Nos últimos anos foram registrados índices pluviométricos inferiores à média histórica (TABELA 1). Essa escassez de chuvas e temperaturas médias entre 26°C e 28°C (FUNCEME, 2009) são características do clima semiárido (THORNTHWAITE; METHER, 1955), ou, conforme classificação de Köppen (BSw'h'), clima tropical com estação seca em, pelo menos, oito meses por ano.

Tabela 1 – Registro de chuvas no município de Jaguaribe nos anos de 2012/2013/2014

Precipitação Pluvial (mm)								
----- 2012 -----			----- 2013 -----			----- 2014 -----		
Normal	Observada	Anomalia	Normal	Observada	Anomalia	Normal	Observada	Anomalia
676,90	275,30	-401,60	676,90	525,40	-151,50	676,90	554,80	-122,10

Fonte: IPECE, 2015.

Quanto à geologia, há o predomínio das rochas cristalinas dos tipos migmatitos e gnaisses diversos, encerrando corpos de metacalcários, anfíbolitos e quartzitos do período Pré-Cambriano (FUNCEME, 2009) que constituem o modelado da superfície da região denominado de Depressões Sertanejas e representam a unidade geomorfológica da área (CEARÁ, 2010).

O relevo é caracterizado por áreas planas e suaves onduladas com superfícies pediplanadas e parcialmente dissecadas em colinas rasas, intercaladas por planícies fluviais que recobrem vales de fundos planos em litotipos do Complexo Cristalino e em depósitos aluviais (CEARÁ, 2010; IPECE, 2015).

As classes de solos mais representativas na região onde foi realizado o estudo são Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos revestidos por caatinga arbóreo-arbustiva aberta e fortemente degradada, com dinâmica ambiental influenciada por processos erosivos de morfogênese mecânica (IPECE, 2013).

A cobertura vegetal pode ser classificada como caatinga hiperxerófila caducifólia, composta por formações lenhosas, com elevado grau de xerofitismo, predominantemente arbustiva, pouco densa, com espécies de porte baixo, espinhentas e que perde totalmente as folhas no decorrer da estação seca (FUNCEME, 2009). As principais espécies encontradas na área de estudo são: *Auxema oncocalyx* Taub. (pau branco); *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

(sabiá); *Combretum leprosum* Mart. (mofumbo); *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira); *Aspidosperma pirifolium* Mart. (pereiro); *Mimosa hostilis* Mart. (jurema preta); *Piptadenia communis* Benth. (jurema branca); *Busera leptophloeos* Mart. (imburana); *Caesalpinia férrea* Mart. Ex Tul. (jucá); *Croton hemiargyreus* Muell. Arg. (marmeleiro); *Cnidoscolus phyllacantus* Pax. E Hoffm. (favela); *Cereus campestris* St. Hil. (velame) (MAIA, 2012).

3.2.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, considerando dois tratamentos (Solos Com Vegetação - SCV e Solos Sem Vegetação - SSV) com séries de sete repetições, com exceção das avaliações que envolvem informações exclusivas de características dos perfis pedológicos, bem como os resultados do fracionamento da matéria orgânica e testes de infiltração, cujas amostragens foram em quatro repetições.

3.2.4 Coleta das Amostras de Solos e Análise Estatística

As coletas de amostras de solos foram realizadas em perfis e mini-trincheiras. Para definição dos locais de amostragens foram consideradas as seguintes condições: 1) presença ou ausência de cobertura vegetal; 2) posicionamento dos solos em relação à topografia do terreno, de modo que, as trincheiras seguiram o mesmo padrão topográfico, com perfis localizados em terrenos com declividade de 1% a 8%, caracterizando relevo plano a suave ondulado (FIGURA 4).

Foram descritos oito perfis pedológicos, conforme metodologia de Santos *et al.* (2013), sendo quatro na condição de solos com cobertura vegetal e presença de serapilheira (Perfil Com Vegetação - PCV) e quatro sem cobertura (Perfil Sem Vegetação - PSV) com aspectos visíveis de degradação. Para cada condição mencionada acima, foram realizadas coletas de três pontos extras, usando-se mini-trincheiras (Mini-trincheira Com Vegetação - MCV e Mini-trincheira Sem Vegetação - MSV), totalizando sete pontos de amostragem de Solos Com Vegetação (SCV) e sete de Solos Sem Vegetação (SSV) (FIGURA 5).

Foram preenchidas fichas técnicas em cada ponto de observação, com descrições tanto das características da paisagem em escala local, como dos atributos macromorfológicos dos solos (APÊNDICE A; APÊNDICE B) e coleta de materiais (amostras deformadas e indeformadas) em cada horizonte e/ou camada, de acordo com as recomendações de Santos *et al.* (2013).

Com auxílio do programa de Assistência Estatística (ASSISTAT 7.7) (SILVA; AZEVEDO, 2009) os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com delineamento inteiramente casualizado, realizando comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0.05$) e correlações simples entre variáveis aplicando o teste t ($p < 0.05$).

3.2.5 Procedimentos para fins de caracterização, classificação e análise comparativa dos solos

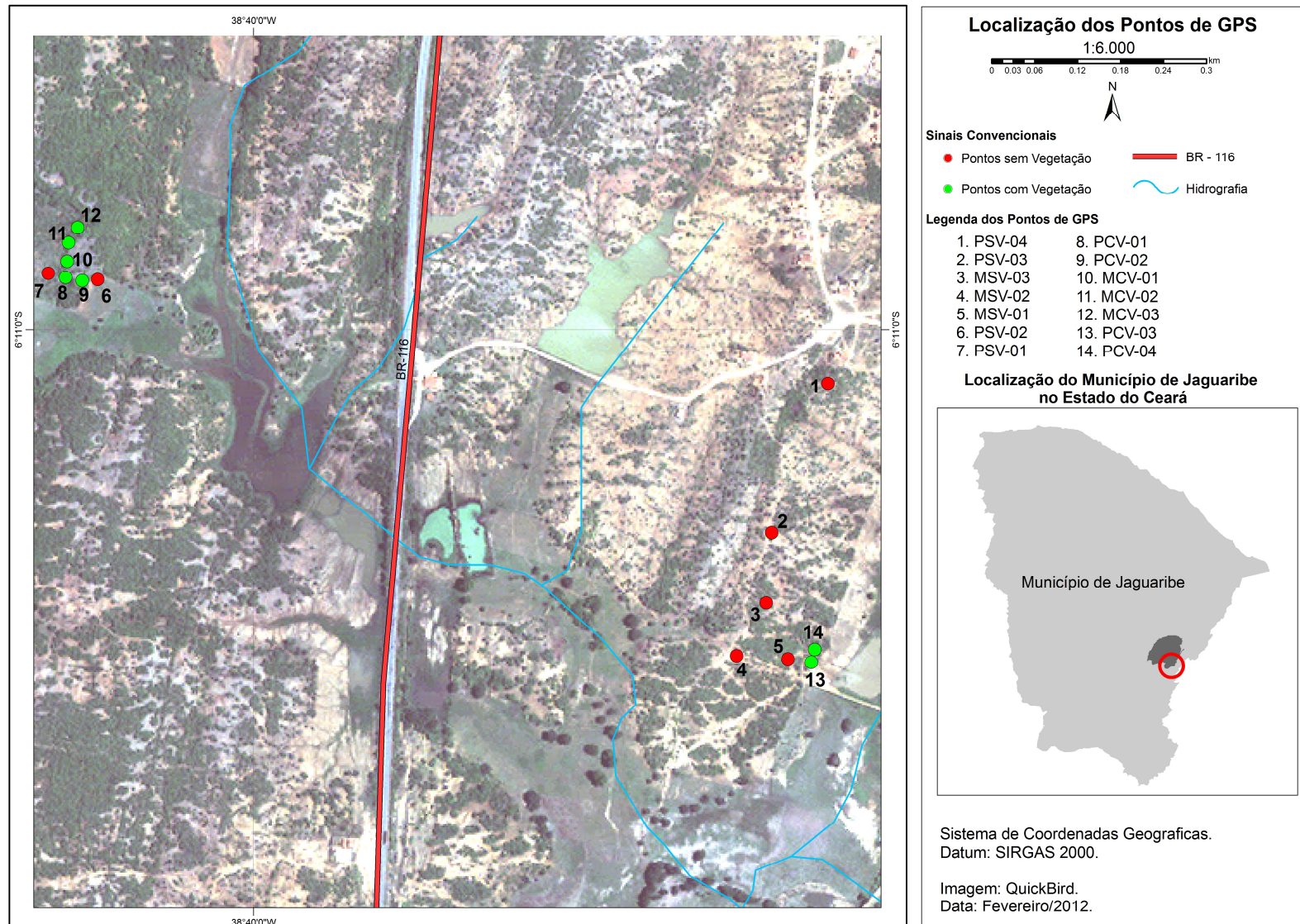
Os solos foram classificados segundo os parâmetros definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013), para tanto, foram identificados os horizontes diagnósticos superficiais e os horizontes diagnósticos subsuperficiais por meio da descrição morfológica dos perfis, dos atributos físicos, químicos e demais condições pré-estabelecida pelo SiBCS. Foram realizadas análises necessárias à classificação de solos, de acordo com os métodos adotados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011). As análises foram feitas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. As análises micromorfológicas foram realizadas no Laboratório de Micromorfologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

3.2.5.1 Análises físicas e químicas

Inicialmente, com o intuito de quantificar as frações terra fina, cascalho e calhaus presentes nas amostras coletadas em campo, foi calculado o percentual de cada uma dessas frações em relação ao peso total da amostra, após procedimento de separação por peneiramento e pesagem (EMBRAPA, 2011).

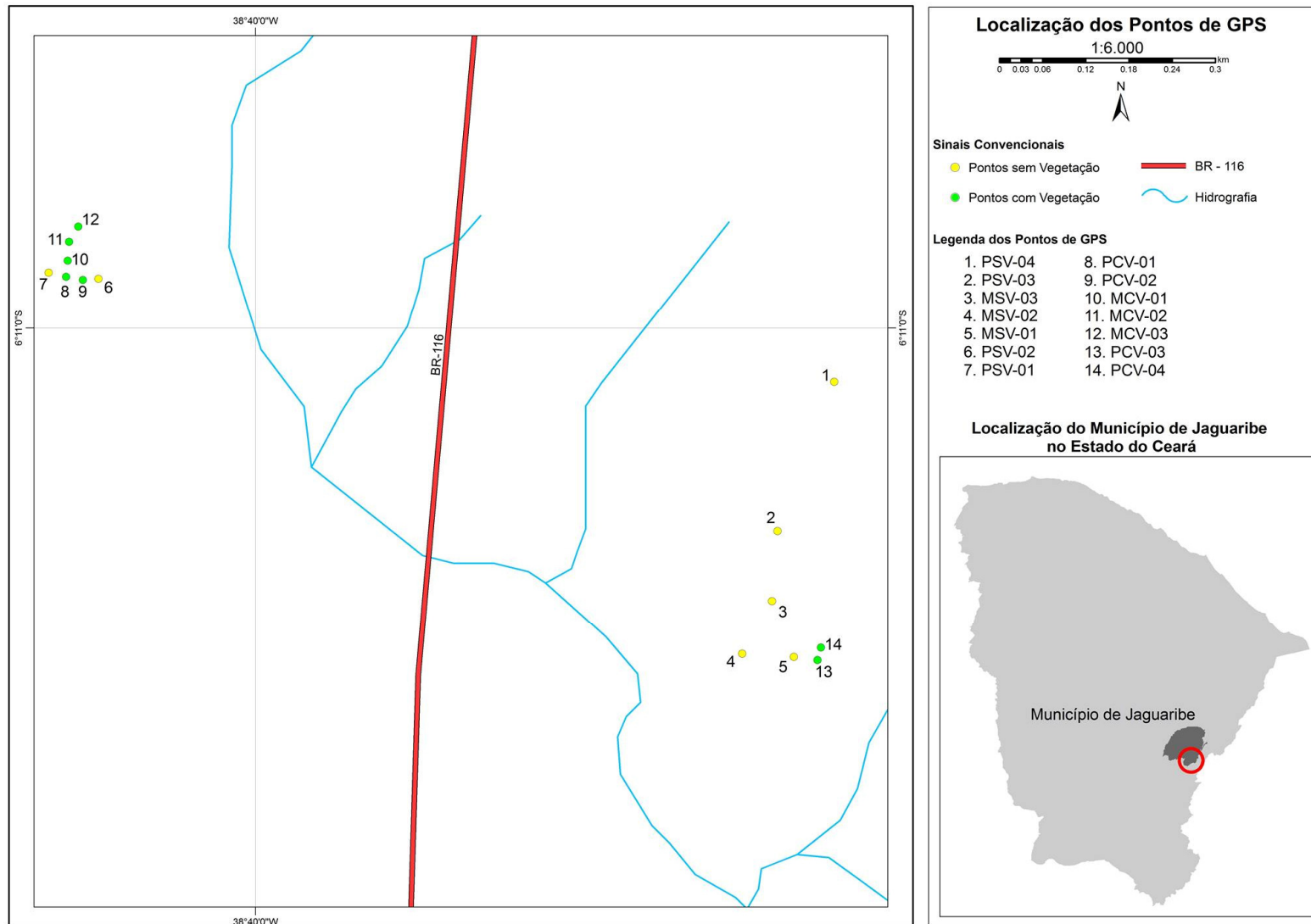
A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta para retirada da argila em suspensão (EMBRAPA, 2011), usando-se hidróxido de sódio (NaOH) como dispersante químico, sendo a fração areia separada por peneiramento e o teor da fração silte estimado pela diferença entre as duas frações anteriores. A argila dispersa em água, também foi realizada pelo mesmo método, diferenciando apenas pela ausência do dispersante químico (EMBRAPA, 2011). Com base nos teores de argila total e argila dispersa em água foi calculado o grau de floculação (GF%).

Figura 4 – Imagem de satélite da área de estudo com os pontos de amostragem



PCV – Perfis Com Vegetação; PSV – Perfis Sem Vegetação; MCV – Mini-trincheira Com Vegetação; MSV – Mini-trincheira Sem Vegetação. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 – Mapa da área de estudo com os pontos de amostragem



PCV – Perfis Com Vegetação; PSV – Perfis Sem Vegetação; MCV – Mini-trincheira Com Vegetação; MSV – Mini-trincheira Sem Vegetação. Fonte: Elaborado pelo autor.

A densidade de partícula (D_p) foi determinada pelo método do balão volumétrico. A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método da proveta (EMBRAPA, 2011), devido à dificuldade para coletar com o anel volumétrico.

Foi utilizado o método do efeito do eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido na proporção 1:2,5 para aferimento do potencial hidrogeniônico (pH) em água (H_2O) (EMBRAPA, 2011; JACKSON, 1969).

A capacidade de troca de cátions (T) foi obtida por meio do somatório dos cátions trocáveis, sendo o Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} extraídos com solução de KCl 1 mol L^{-1} , na proporção solo-solução de 1:10, sendo que a determinação dos dois primeiros cátions foi pela espectrofotometria de absorção atômica e a acidez trocável foi determinada por titulação com NaOH $0,025\text{ mol L}^{-1}$. K^+ e Na^+ trocáveis foram extraídos com "*Mehlich-I*", na relação solo-solução de 1:10, sendo quantificados por fotometria de emissão de chama. Já a determinação de H^+ + Al^{3+} foi realizada com solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0 na relação solo-solução de 1:10 e determinada por titulação com NaOH $0,05\text{ mol L}^{-1}$ (EMBRAPA, 2011).

O fósforo (P) assimilável foi determinado a partir da extração com HCl $0,05\text{ mol L}^{-1}$ e $H_2SO_4\ 0,025\text{ mol L}^{-1}$. A determinação do P foi realizada no fotocolorímetro no comprimento de onda $660\mu\text{m}$ (absorvância).

Para obtenção da condutividade elétrica (CE), utilizou-se o extrato da pasta saturada, após a obtenção do extrato por meio da adição de água destilada em 200 g de solo, conforme metodologia da Embrapa (2011), utilizando o condutivímetro para leitura direta.

A determinação do carbono orgânico total (COT) do solo consistiu no princípio da oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7\ 0,4\text{ N}$) em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento (WALKLEY; BLACK, 1934).

As substâncias húmicas foram identificadas segundo técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996), conforme adaptação feita por Mendonça e Matos (2005). A extração das substâncias húmicas foi realizada utilizando-se a solução de hidróxido de sódio NaOH $0,1\text{ mol L}^{-1}$, na proporção de 1,0 g de amostra de TFSA para 10 mL da solução. Após centrifugação foi obtido o extrato alcalino contendo as frações ácidos húmicos (FAH) e fúlvicos (FAF), que tiveram o pH aferido para $2\pm 0,1$ com solução de H_2SO_4 (20%). Os resíduos remanescentes nos tubos, contendo a fração húmica foram levados para a estufa a 45°C . A determinação do carbono das substâncias FAF e FAH foram realizadas utilizando as soluções de dicromato de potássio $0,167\text{ mol L}^{-1}$ e $0,033\text{ mol}$

L⁻¹ e sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol L⁻¹ com solução indicadora de ferroin. Para determinação do carbono da fração humina seguiu o mesmo procedimento para carbono orgânico total do solo.

3.2.5.2 *Teste de Infiltração do solo*

Ao lado de cada perfil pedológico descrito e coletado dos SCV e SSV foram realizados testes de infiltração nos anos de 2015 e 2016, nos meses de julho e março respectivamente, utilizando-se o infiltrômetro de tensão ou permeâmetro de disco desenvolvido por Perroux e White (1988). Este infiltrômetro tem um mecanismo capaz de realizar medições de infiltração de água sob potencial negativo, permitindo o estudo do movimento da água em solos não saturados. No entanto, para fins de medições da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) utilizou-se o potencial de tensão igual a zero, pelo qual a água flui por todos os poros do solo.

Para realização das medições de infiltração, a superfície do solo foi aplainada e, com auxílio de um disco de ferro, a superfície foi colocada em nível. Para perfeito contato do equipamento com o solo, foi depositada uma camada de areia (< 0,01 m). Os calhaus e cascalhos, bem como raízes e pedaços de caule das plantas foram cuidadosamente eliminados para evitar a ruptura da tela de náilon do infiltrômetro de tensão.

Foram realizadas leituras até a verificação de resultados semelhantes, informando que o processo de infiltração de água no solo atingiu o ponto de equilíbrio. Utilizou-se a seguinte equação 1:

$$VIB = q \times 60 \times \left(\frac{Dt^2}{Db^2} \right)$$

em que q (mm min⁻¹) é o fluxo constante de água do infiltrômetro de tensão; Dt (mm) é o diâmetro do tubo do infiltrômetro de tensão; Db (mm) é o diâmetro da base do infiltrômetro de tensão.

3.2.5.3 *Análise Micromorfológica dos Horizontes Superficiais e Subsuperficiais dos perfis pedológicos*

As amostras indeformadas para análise micromorfológica foram coletadas nos solos das áreas com e sem vegetação nas profundidades de 0 - 12 cm, que corresponde aos horizontes superficiais (FIGURA 6A) e nas profundidades correspondentes aos horizontes Bt (FIGURA 6B)

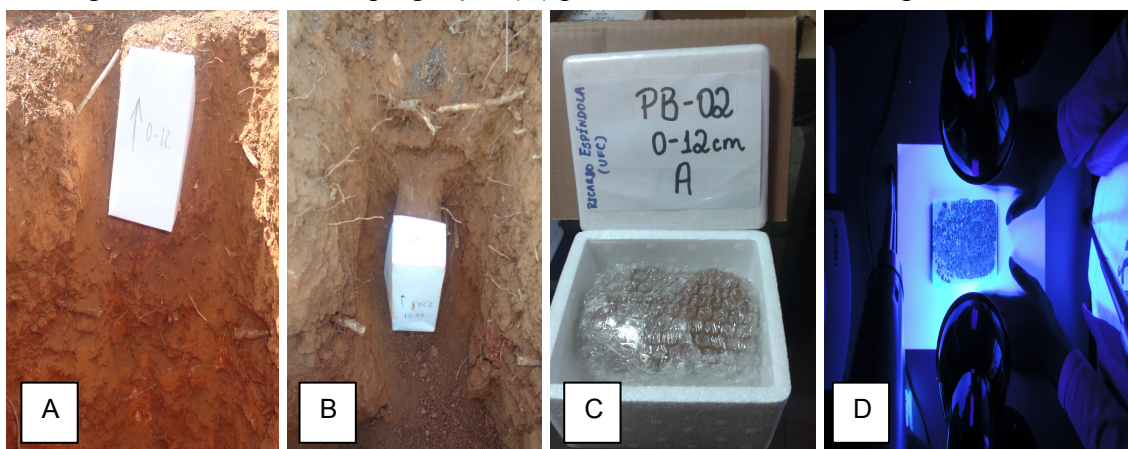
dos perfis descritos (APÊNDICE A). Foi esculpido no solo o formato da caixa de papel cartão de 120 x 70 x 40 mm, sendo todas orientadas, identificadas e cuidadosamente embaladas com saco bolha e caixa de isopor individuais para o transporte (FIGURA 6C).

Para preparação dos blocos de impregnação, os micromonólitos receberam pré-tratamento, por se tratar de solos constituídos predominantemente por argilas expansíveis (2:1). Assim, houve o processo da troca de água por acetona para evitar que a amostra fosse danificada quando a água entrasse em contato com a resina (EMBRAPA, 2002). A impregnação do material foi realizada na forma lenta para evitar a formação de bolhas de ar dentro da amostra, utilizando uma mistura de resina (poliéster) e um catalisador. Isto permitiu que a amostra se tornasse resistente e manteve sua estruturação original. Os blocos foram submetidos à análise de imagem utilizando o programa Noesis Visilog 5.4, *software* que foi escrito em linguagem computacional C++, usando orientação a objetos e o *framework* Qt 5 (FIGURA 6D).

A porosidade do solo foi classificada de acordo com o tamanho: pequeno ($0.000156 - 0.0156 \text{ mm}^2$), médio ($0.0156 - 0.156 \text{ mm}^2$) e grande ($>0.156 \text{ mm}^2$), ou pela combinação de tamanho e forma (complexo, alongado e arredondado), utilizando-se o programa SPIA (Análise de Imagem da Porosidade do Solo) conforme orientações de Cooper *et al.* (2016).

Foram utilizadas as terminologias propostas por Bullock *et al.* (1985), sendo a tradução dos termos para o português feita de acordo com Lima, Curi e Lepsch (1985), Stoops (1990) e Castro *et al.* (2003).

Figura 6 – Coleta (A e B) e acondicionamento (C) das amostras indeformadas e captura de imagens dos blocos de impregnação (D) para análise micromorfológica



Fonte: Acervo do autor.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Atributos morfológicos e Classificação dos solos

As áreas dos Solos Com Vegetação (SCV) apresentaram dois perfis (PCV-01 e PCV-03) com horizonte diagnóstico de superfície do tipo A moderado, que atendem a todas as demais definições para A Chernozêmico, com exceção da pequena espessura. Da mesma forma, o PSV-04 dos Solos Sem Vegetação (SSV) também apresentou A moderado, diferenciando dos encontrados nos SCV pelo menor teor de carbono orgânico. Os demais perfis, tanto dos SCV como dos SSV, apresentaram horizontes diagnósticos de superfície do tipo A fraco, sendo o requisito mais significativo para esse resultado a espessura < 5 cm, pois mesmo os SSV apresentaram teor de carbono orgânico > 6 g kg⁻¹, saturação por bases $> 65\%$ e outros atributos, como o grau de desenvolvimento da estrutura (APÊNDICE A), que poderiam levar ao A Chernozêmico ou A Moderado, de acordo com SiBCS (EMBRAPA, 2013).

Outros trabalhos indicam que é comum a presença de horizontes diagnósticos A fraco e moderado nessas regiões, sendo que a maior incidência é do tipo A fraco nos ambientes semiáridos (FERREIRA, 2015; SOUSA; ROMERO; FERREIRA, 2015; SOUSA, 2009; FUNCEME, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 2008; BRASIL, 1973).

Quanto ao horizonte diagnóstico de subsuperfície, todos os perfis apresentaram incremento de argila do horizonte B que satisfaz a relação textural (B/A), bem como aspectos morfológicos para o enquadramento no horizonte B textural (EMBRAPA, 2013). Esses horizontes apresentaram ainda alta saturação por bases e atividade da fração argila > 27 cmol_c kg⁻¹, o que caracteriza argila de atividade alta (Ta) (APÊNDICE A).

Definido os horizontes diagnósticos, os solos foram classificados até o 4º nível categórico (subgrupos) e atenderam a todos os requisitos necessários para se enquadrarem na Ordem dos Luvisolos Crômicos, com exceção do PSV-01 que culminou na subordem Háplico.

Utilizando-se o sistema de cores de Munsell, constatou-se que os PCV apresentaram matiz mais avermelhado nos horizontes Bt (2,5YR) enquanto que nos PSV predominaram matiz 5YR (TABELA 2), mas em ambas as situações foram constatadas caráter crômico, exceto o PSV-01, que apresentou matiz 2,5YR, mas com valor (tonalidade da cor) inferior ao estabelecido pelo SiBCS (EMBRAPA, 2013) para concretizar a existência desse atributo diagnóstico. Já nos horizontes superficiais houve predomínio do matiz mais amarelado em ambas as condições, diferenciando-os pelo valor e croma mais baixos nos PCV que possuem cores mais escuras

influenciadas pelos teores de matéria orgânica (KIRILLOVA; VODYANITSKII; SILEVA, 2015) desses solos. Quanto ao 3º nível categórico (grande grupo), todos os perfis atenderam ao requisito para órticos, pois apresentaram espessura do solum (A + B, exceto BC) \leq 80 cm (TABELA 2). Por não atenderem a mais nenhum critério de classes anteriores, foram todos enquadrados no subgrupo típico.

Tabela 2 – Atributos morfológicos (cor e estrutura) dos perfis dos Solos Com Vegetação (SCV) e Solos Sem Vegetação (SSV)

Hori	Prof. cm	Cor ¹ Munsell	Estrutura	Hori	Prof. cm	Cor ¹ Munsell	Estrutura
Solos Com Vegetação (SCV)				Solos Sem Vegetação (SSV)			
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-01)				LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico (PSV-01)			
A	0-6	5YR 3/2	fc pq e mpq Bl suba	AB	0-3	7,5YR2.5/3	mod pq e mpq Bl suba
BA	6-17	5YR 3/2	mod pq Bl suba	Bt1	3-16	2,5YR2/3	mod pq e mpq Bl suba
Bt1	17-35	2,5YR 3/4	mod pq Bl ang e suba	Bt2	16-37	2,5YR2/4	mod gde e md Bl suba
Bt2	35-56	10R 4/8	ft pq e md Bl ang e suba	Cr	37-55 ⁺	-----	-----
Bt3	56-71	2,5YR 4/8	ft pq e md Bl ang e suba				
Cr	71-82 ⁺	-----	-----				
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-02)				LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-02)			
A	0-4	7,5YR 3/4	fc pq e mpq Bl suba	A	0-3	10YR 4/6	fc pq e mpq Bl suba
BA	4-17	2,5YR 3/6	mod gde md e pq Bl suba	Bt1	3-26	5YR 4/6	ft md Bl suba e ang
Bt1	17-40	2,5YR 3/6	mod gde md pq e mpq Bl suba	Bt2	26-45	5YR 4/6	ft gde e md Bl suba
Bt2	40-51	10R 4/6	mod md pq e mpq Bl suba e ang	Cr	45-70 ⁺	-----	-----
BC	51-70 ⁺	2,5YR 3/6	mod mpq pq e md Bl suba				
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-03)				LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-03)			
A	0-5	10YR 3/3	fc md e pq Bl suba	AB	0-11	5YR 4/3	mod pq e md Bl suba
AB	5-20	7,5YR 4/6	mod pq e md Bl suba	Bt1	11-23	5YR 3/4	ft md Bl suba e ang
BA	20-35	5YR 4/6	mod pq e md Bl suba	Bt2	23-30	5YR 4/3	ft pq e md Bl suba e ang
Bt	35-56	2,5YR 3/4	ft pq e md Bl ang e suba	Cr	30-40 ⁺	-----	-----
Cr	56-75 ⁺	-----	-----				
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-04)				LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-04)			
A	0-4	7,5YR 3/3	fc pq e mpq Bl suba	BA	0-6	10YR 5/4	mod pq e md Bl suba
BA	4-10	7,5YR 3/4	ft pq e mpq Bl suba	Bt	6-14	5YR 4/4	mod mpq e pq Bl suba
Bt1	10-20	2,5YR 3/4	ft pq Bl suba e ang	Cr	14-30 ⁺	-----	-----
Bt2	20-30	2,5YR 3/6	ft md Bl suba e ang				
BC	30-39	Variegada	mod pq e mpq Bl suba				
Cr	39-64 ⁺	-----	-----				

¹ Cor úmida; Bl= Blocos; ang = angulares; suba = subangulares; mpq= muito pequeno; pq= pequeno; md= médio;gde= grande; fc = fraca; mod = moderada; ft = forte.

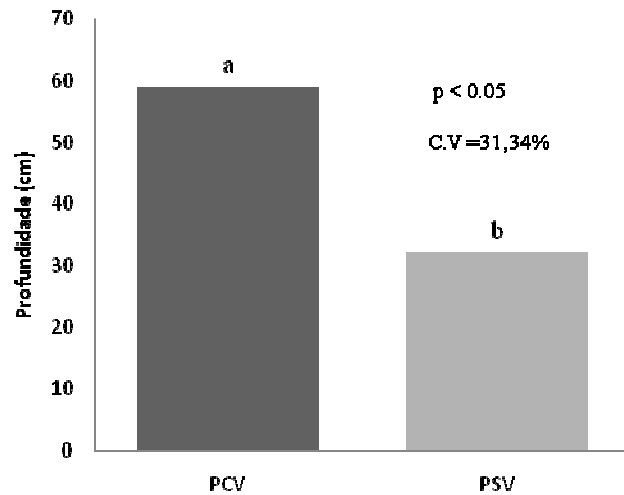
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os PCV apresentaram maior diversidade de horizontes, todos com presença de horizonte A (entre 4 e 6 cm de espessura), enquanto que nos PSV, apenas o PSV-02 contém horizonte A com 3 cm de espessura e os demais, com A truncado, apresentaram horizontes transicionais AB ou BA na superfície (TABELA 2).

Considerando-se a espessura do solum, a profundidade dos PCV variou entre 39 e 71 cm, enquanto que os PSV ficaram entre 14 e 45 cm, apresentando diferença significativa na comparação da profundidade média entre as duas condições analisadas (FIGURA 7), indicativo

de maior atuação do processo erosivo, principalmente do tipo laminar, nos PSV em relação aos PCV. Essa maior ação erosiva é evidenciada pela ocorrência de perfis truncados nos PSV.

Figura 7 – Profundidade média do solum
(A + B, exceto BC)

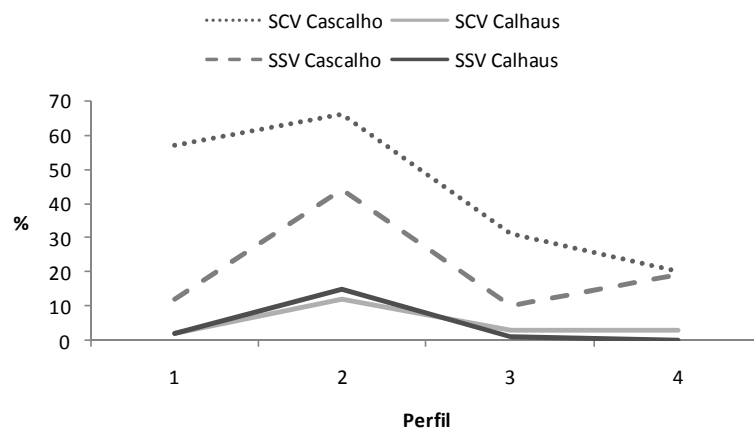


PCV – Perfis Com Vegetação; PSV – Perfis Sem Vegetação; Letras minúsculas distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não houve diferenças significativas no tratamento estatístico na comparação das médias dos teores de cascalho e calhaus desses solos. No entanto, pode-se constatar que os SCV apresentaram maior quantidade de cascalho na superfície se confrontados com os valores encontrados nos SSV (FIGURA 8).

Figura 8 – Frações Cascalhos e Calhaus dos horizontes superficiais



SCV – Solos Com Vegetação; SSV – Solos Sem Vegetação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa menor quantidade de cascalhos nos SSV se dá pela maior capacidade de transporte das águas do escoamento superficial desses solos, pois conforme explicam Bertoni e Lombardi Neto (2014), a ausência da vegetação aumenta a velocidade de escoamento da enxurrada devido à diminuição do atrito na superfície causado pelos sistemas radiculares. Os autores afirmam ainda que, a erosão é acelerada quanto maior for a quantidade de sedimentos carregados pelas águas, que aumentam tanto a capacidade de desprendimentos das partículas, como a capacidade de transporte de sedimentos maiores, podendo mover partículas de granulometrias de até 10 mm de diâmetro, ou seja, tamanhos que englobam os cascalhos.

Os PCV apresentaram valores dessas frações que permitem registrar textura como muito cascalhenta (PCV-01 e PCV-02) e cascalhenta (PCV-03 e PCV-04) nos horizontes superficiais desses solos. Já os PSV apresentaram valores inferiores, com exceção do PSV-02 que também foi classificado como textura cascalhenta, ficando os demais enquadrados como textura com cascalho.

O quantitativo de calhaus (FIGURA 8) e matacões foram similares em ambas as situações, com predomínio de solos pedregosos à moderadamente pedregosos. É comum a ocorrência dessa pedregosidade na superfície dos Luvisolos da ASD de Jaguaribe, conforme relatam Guerra, Souza e Lustosa (2010) sobre a expressiva cobertura detrítica ou também chamada pavimento desértico sobre esses solos. A maior quantidade dessas frações na superfície dos solos pode ser indicativo do processo de erosão diferencial, no qual as partículas mais finas são removidas ficando as frações grosseiras expostas à superfície (SOUSA, 2009).

Por conseguinte, a presença dessas frações mais grosseiras contribui para proteção dos solos em relação ao desgaste estrutural ocasionado pelo eventual impacto da gota de chuva bem como, diminui o potencial de transporte de partículas pelas águas do escoamento superficial, agindo como barreiras naturais de contenção de sedimentos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014; OLIVEIRA, 2008). Para esse estudo, os resultados sugerem que o diferencial no potencial erosivo dos solos deve estar relacionado com outros atributos e características das áreas, tais como a presença ou ausência da cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Os solos apresentaram estrutura pequena à média em blocos subangulares com grau de desenvolvimento fraco nos horizontes A nas duas condições estudadas, com exceção dos PSV-01, PSV-03 e PSV-04 que não apresentaram horizonte A. Característica também encontrada no horizonte A de Luvisolos do semiárido pernambucano por Luz, Santos e Mermut (1992). Já nos horizontes Bt, esses autores constataram estrutura moderada média a grande em

blocos angulares, também semelhantes aos perfis analisados nos SCV e SSV que apresentaram ainda, estruturas do tipo subangulares, com grau de desenvolvimento forte e tamanhos variando de muito pequenos a médios (TABELA 2).

3.3.2 Atributos físicos dos solos

Os teores de areia, silte e argila dos horizontes superficiais não apresentaram diferença significativa nas duas condições investigadas (TABELA 3). Contudo, os teores da fração grosseira (areia grossa + areia fina) nos horizontes superficiais dos SSV(456 a 740 g kg⁻¹), foram superiores aos dos SCV (283 a 717 g kg⁻¹), o que pode ser um indicativo do acúmulo residual da fração areia na superfície do solo ante aos processos erosivos das frações mais finas (SOUSA; ROMERO; FERREIRA, 2015), visto que há homogeneidade do material de origem, diferenciando-os apenas pela ausência ou não da cobertura vegetal, a qual protege os solos dos processos erosivos.

As frações silte e argila mostram comportamento diferente da areia, com valores médios superiores nos horizontes superficiais dos SCV (TABELA 3), reforçando a idéia de que a cobertura vegetal atua na proteção da camada superficial dos solos, diminuindo a ação dos agentes responsáveis pela remoção dessas partículas (FULLEN; BOOTH; BRANDSMA, 2006; SOUSA, 2009).

Tabela 3 – Composição granulométrica dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)

Solos	Composição Granulométrica			
	AG	AF	SIL	ARG
	----- g.kg ⁻¹ -----			
SCV	191a	369a	311a	127a
SSV	275a	369a	257a	97a
C.V%	38	14	31	42

AG – areia grossa; AF – areia fina; SIL – silte; ARG – argila; C.V% - coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os teores de argila dos horizontes superficiais dos SCV apresentaram valores superiores aos encontrados no trabalho de Sousa, Romero e Ferreira (2015), que estudaram o comportamento de solos com 14 anos de exclusão de animais, inseridos na área experimental do

núcleo de desertificação de Irauçuba – Ceará, com exceção das mini-trincheiras MCV-02 e MCV-03 e do perfil PCV-03. Já os solos sem vegetação obtiveram valores semelhantes aos solos protegidos do sobrepastejo, excluindo os perfis PSV-01 e PSV-02.

As divergências encontradas entre os trabalhos de Irauçuba e de Jaguaribe devem-se a algumas diferenças ambientais relevantes, tais como a precipitação pluvial e os tipos de solos. Há menor precipitação média anual no município de Irauçuba (530 mm) e predomínio dos Planossolos que, por suas características pedogenéticas, apresentam peculiaridades nos processos físicos e químicos, tais como elevado teor de Na^+ , que contribui para dispersão da argila facilitando sua remoção.

Sousa, Romero e Ferreira (2015) destacam ainda que o acúmulo de Na^+ é um processo típico dessas regiões semiáridas em Irauçuba, em razão da pouca profundidade dos solos, altas temperaturas e baixa precipitação pluvial. Essas condições corroboram a ascensão da solução do solo por capilaridade, seguida pela evaporação da água e precipitação dos sais na superfície pedológica.

Quanto ao grau de floculação (GF) da argila, nos horizontes superficiais não houve diferenças significativas entre os tratamentos, mesmo que os solos sem vegetação apresentassem alguns perfis com valores inferiores aos dos SCV (TABELA 4; TABELA 5), similar ao resultado encontrado no trabalho de Sousa (2009). Análises de correlação entre as variáveis GF, Ca^{2+} e Na^+ , também foram realizadas para os SCV e SSV que não apresentaram resultados significativos, indicando, nesse caso, que essas bases não são as principais responsáveis pela variação do grau de floculação entre os tratamentos (FERREIRA, 2015). Tanto nos SCV como nos SSV houve decréscimo do grau de floculação com a profundidade do perfil, principalmente do horizonte A para o horizonte B, provavelmente devido à mineralogia do horizonte B textural, evidenciando o efeito dos argilominerais 2:1 no aumento das cargas negativas do meio, promovendo assim, a dispersão da argila. Da mesma forma, Corrêa *et al.* (2003) encontraram baixo grau de floculação dos Luvisolos do semiárido paraibano e também atribuíram esse efeito a presença da mineralogia mais esmectítica, ou seja, do tipo 2:1.

Sousa (2009) encontrou valores médios do GF variando entre 60 e 77%, não diferindo estatisticamente em relação à prática de uso do solo, mas com valores maiores nas áreas de pousio com maior aporte de matéria orgânica, semelhantes aos valores encontrados para os SCV que ficaram entre 41 e 77%.

Diferente dos resultados apresentados por Ferreira (2015), que constatou diferenças significativas no GF da argila nos horizontes superficiais entre solos de área de pousio e solos de

área com sobrepastejo. O autor supõe que o maior grau de floculação da argila no pousio pode estar relacionado ao alto teor de cálcio, considerado agente floculante que agrega as partículas e, ao baixo teor de sódio nesses horizontes, o qual não agiu como agente dispersivo.

Tabela 4 - Atributos físicos dos Solos Com Vegetação (SCV)

Horiz	Prof cm	Composição Granulométrica					Grau Floc %	Silte/ Argila	Classe Textural
		Areia		Silte	Argila	Argila Natural			
		Grossa	Fina						
		g kg ⁻¹			g kg ⁻¹				
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-01)									
A	0-6	173	322	357	148	64	57	2,41	Franca
BA	6-17	141	277	317	265	187	29	1,20	Franca
Bt1	17-35	69	207	273	451	322	29	0,61	Argila
Bt2	35-56	39	157	335	469	296	37	0,71	Argila
Bt3	56-71	36	237	408	319	237	26	1,28	Franco argilosa
Cr	71-82 ⁺	124	347	347	182	108	41	1,91	Franca
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-02)									
A	0-4	21	262	510	207	78	62	2,46	Franco siltosa
BA	4-17	157	241	284	318	212	33	0,89	Franco siltosa
Bt1	17-40	35	222	286	457	312	32	0,63	Argila
Bt2	40-51	43	122	329	506	256	49	0,65	Argila
BC	51-70 ⁺	21	175	491	313	273	13	1,57	Franco argilo siltosa
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-03)									
A	0-5	239	434	238	89	46	48	2,67	Franco arenosa
AB	5-20	192	424	270	114	57	50	2,37	Franco arenosa
BA	20-35	169	416	273	142	76	46	1,92	Franco arenosa
Bt	35-56	140	277	349	234	175	30	1,49	Franca
Cr	56-75 ⁺	85	339	351	225	144	36	1,56	Franca
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-04)									
A	0-4	202	400	258	140	83	41	1,84	Franco arenosa
BA	4-10	172	390	227	211	151	28	1,08	Franco argilo arenosa
Bt1	10-20	148	279	229	344	215	38	0,67	Franco argilosa
Bt2	20-30	96	222	246	436	342	22	0,56	Argila
BC	30-39	55	229	289	427	327	23	0,68	Argila
Cr	39-64 ⁺	206	358	261	175	99	43	1,49	Franco arenosa
MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO (MCV-01)									
A	0-3	161	359	319	161	65	60	1,98	Franco arenosa
B	20-30	80	279	280	361	160	56	0,77	Franco argilosa
MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO (MCV-02)									
A	0-3	230	407	286	77	34	56	3,71	Franco arenosa
B	20-30	117	396	236	251	149	41	0,94	Franco argilo-arenosa
MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO (MCV-03)									
A	0-3	313	404	213	70	16	77	3,04	Areia franca
B	20-30	264	385	196	155	94	39	1,26	Franco arenosa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os horizontes de subsuperfície, percebe-se que, apesar de ambas as situações apresentarem horizontes texturais, os teores de argila dos Luvisolos com cobertura (SCV) possuem maiores concentrações dessa fração granulométrica no horizonte Bt ($p < 0.05$) (FIGURA 9) em comparação aos solos sem cobertura vegetal (SSV). Isso deve estar relacionado à maior intensidade do processo de eluviação proporcionado por condições mais favoráveis para percolação da água do solo e conseqüentemente maior iluviação da argila nos SCV, bem como

maior grau de intemperização dos minerais primários na fração silte (PHILLIPS, 2007; HOPKINS; FRAZEN, 2003).

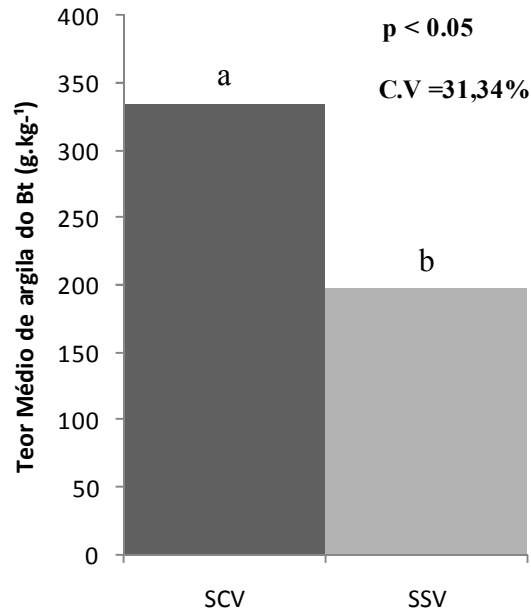
Tabela 5 - Atributos físicos dos Solos Sem Vegetação (SSV)

Horiz	Prof cm	Composição Granulométrica					Grau Floc %	Silte/ Argila	Classe Textural
		Areia		Silte	Argila	Argila Natural			
		Grossa	Fina						
		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹					
LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico (PSV-01)									
AB	0-3	183	327	332	158	93	41	2,10	Franca
Bt1	3-16	122	268	332	278	111	60	1,19	Franco argilosa
Bt2	16-37	58	262	405	275	189	31	1,47	Franco argilosa
Cr	37-55 ⁺	48	358	424	170	133	22	2,49	Franca
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-02)									
A	0-3	131	325	383	161	120	25	2,38	Franca
Bt1	3-26	78	248	361	313	155	50	1,15	Franco argilosa
Bt2	26-45	38	256	417	289	147	49	1,44	Franco argilosa
Cr	45-70 ⁺	60	354	453	142	107	25	3,19	Franca
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-03)									
AB	0-11	358	365	212	65	25	62	3,26	Areia franca
Bt1	11-23	283	315	227	175	66	62	1,29	Franco arenosa
Bt2	23-30	319	242	213	226	81	64	0,94	Franco arenosa
Cr	30-40 ⁺	---	---	---	---	---	---	---	-----
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-04)									
BA	0-6	277	417	216	90	54	40	2,40	Areia franca
Bt	6-14	347	297	203	153	113	26	1,32	Franco arenosa
Cr	14-30 ⁺	---	---	---	---	---	---	---	-----
MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-01)									
A	0-3	299	434	200	67	34	49	2,98	Areia franca
B	10-20	251	421	214	114	86	25	1,88	Franco arenosa
MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-02)									
A	0-3	304	355	255	86	45	76	2,96	Franco arenosa
B	3-10	252	293	266	189	80	58	1,41	Franco arenosa
MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-03)									
A	0-3	375	365	205	55	20	64	3,73	Areia franca
B	3-20	355	335	196	114	38	67	1,72	Franco arenosa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por conseguinte, Oliveira *et al.* (2008) sugerem que o horizonte Bt de Luvisolos, mesmo em condições semiáridas, permanece úmido por um período muito maior do que o horizonte superficial, favorecendo dessa forma o processo de intemperismo químico dos minerais primários e, conseqüentemente, a formação *in situ* de argila nos horizontes de subsuperfície que, segundo os autores contribuem com o contraste textural entre os horizontes A e B.

Figura 9 – Teor médio da fração argila nos horizontes Bt dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

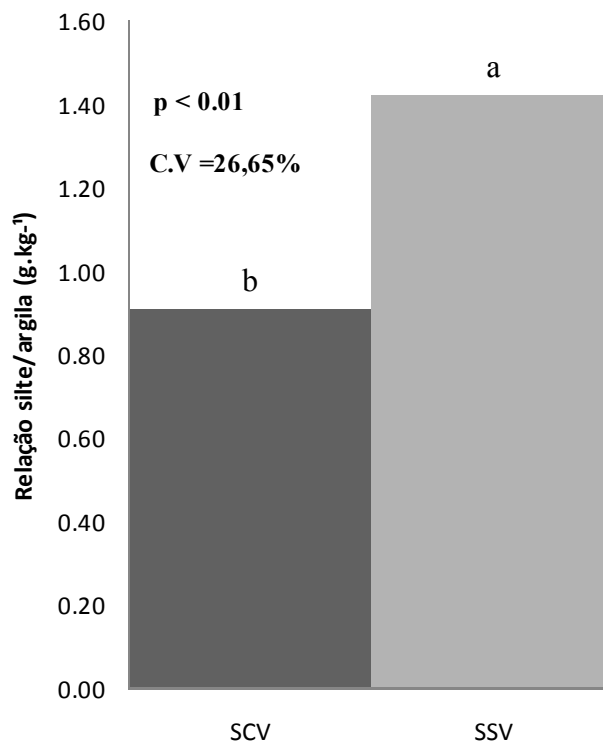
Esse maior grau de intemperismo pode ser evidenciado com a comparação das médias dos valores da relação silte/argila dos horizontes Bt (FIGURA 10). Os solos com vegetação apresentaram valores < 1 , com exceção do PCV-03 e da mini-trincheira MCV-03 que apresentaram valores similares aos solos sem vegetação (TABELA 4; TABELA 5). Essa relação granulométrica auxilia na mensuração do grau de intemperização dos solos (JACOMINE, 2005), na qual valores menores evidenciam maior grau de intemperismo, que nesse caso deve estar relacionado com maior teor de umidade dos solos com vegetação.

Todavia, não se pode descartar a atuação de outros processos, tais como a elutriação (KAMPF; CURI, 2012), correspondente ao processo de desargilização do horizonte superficial devido à remoção preferencial (erosão diferencial) de frações mais finas, principalmente da argila, pelo escoamento superficial favorecido pela baixa condutividade hidráulica (OLIVEIRA *et al.*, 2008) constatado nos SSV.

Por conseguinte, o regime de precipitação no semiárido e a presença ou ausência da cobertura vegetal influenciam diretamente na intensidade do processo de erosão diferencial. Segundo Toma (2008), nas regiões onde há concentração temporal das precipitações pluviais, a ação das águas das chuvas é a causa mais recorrente de formação de erosões, provocando perda da matéria orgânica, diminuição da biomassa (PAGLIAI, 2003) e formação de encrostamento

superficial em áreas de solos descobertos, ocasionando a diminuição da infiltração e, conseqüentemente favorecendo a maior intensidade das águas do escoamento superficial (REICHERT *et al.*, 2010).

Figura 10 – Valor médio da relação silte/argila nos horizontes Bt dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro atributo relevante que deve ser observado é a densidade do solo, que no horizonte superficial variou de 1,21 a 1,64 g cm⁻³ nos SCV e de 1,45 a 1,70 g cm⁻³ nos SSV. As Ds dos horizontes Bt apresentaram a mesma tendência, não havendo diferença significativa na densidade do solo com a profundidade do perfil pedológico. Comparando as duas condições, os SSV apresentaram maior densidade (TABELA 6).

Resultados similares foram encontrados por Ferreira (2015) ao comparar áreas com solos com sobrepastejo e áreas de pousio com presença de cobertura vegetal em Irauçuba, e atribui à retirada dos animais e ao teor considerável de MOS como responsáveis pela diminuição da densidade dos solos nas áreas de exclusão de sobrepastejo, mesmo ciente de que o tempo de exclusão (14 anos) ainda não foi suficiente para deixar esses solos abaixo da densidade crítica

que, de acordo com Reichert, Reinert e Braida (2003), esses valores para solos com textura franca e arenosa, estão na faixa de 1,6 a 1,8 g cm⁻³. Valores semelhantes foram encontrados nos SSV (TABELA 6) e nos trabalhos de Pei, Fu e Wan (2008).

Tabela 6 – Densidade do Solo (Ds) nos perfis (PCV) e mini-trincheiras (MCV) com cobertura vegetal e sem cobertura vegetal (PSV e MSV)

Amostra	Hori	Prof. cm	Ds g/cm ³	Amostra	Hori	Prof. cm	Ds g/cm ³
Solos Com Vegetação (SCV)				Solos Sem Vegetação (SSV)			
PCV01	A	0-6	1,36	PSV01	AB	0-3	1,61
	Bt1	17-30	1,21		Bt1	3-16	1,50
PCV02	A	0-4	1,21	PSV02	A	0-3	1,45
	Bt1	17-40	1,24		Bt1	3-26	1,37
PCV03	A	0-5	1,56	PSV03	AB	0-11	1,63
	Bt	35-56	1,36		Bt1	11-23	1,57
PCV04	A	0-4	1,47	PSV04	BA	0-6	1,54
	Bt1	10-20	1,35		Bt	6-14	1,53
MCV01	A	0-3	1,37	MSV01	A	0-4	1,70
	B	20-30	1,43		B	10-20	1,64
MCV02	A	0-3	1,41	MSV02	A	0-3	1,62
	B	20-30	1,54		B	3-10	1,64
MCV03	A	0-3	1,64	MSV03	A	0-3	1,66
	B	20-30	1,60		B	3-20	1,67
	A ¹		1,43 aB		A ¹		1,60 aA
Médias	B ²		1,39 aB	Médias	B ²		1,56 aA
	CV=10,14%				CV=5,96%		

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, sendo que para ¹CV = 7,64% e ²CV = 9,02%. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados indicam que a maior densidade nos SSV é consequência da compactação desses solos provocada pela ação humana ou de animais, que deve estar relacionado com o manejo da área, semelhante ao que foi encontrado por Ferreira (2015), resultando dessa forma, na redução da porosidade devido ao rearranjo das partículas do solo (REICHERT *et al.*, 2010). Essa situação é agravada pela ausência da cobertura vegetal e consequentemente menor aporte de matéria orgânica, levando ao desequilíbrio do controle natural de umidade e temperatura, incidindo diretamente na diminuição da atividade dos microrganismos (CORREIA, *et al.*, 2015) e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (SOUSA; ROMERO; FERREIRA, 2015; SU *et al.*, 2004; SU *et al.*, 2005; CASTELLANO; VALONE, 2007; HUANG; WANG; WU, 2007).

Outro aspecto a ser observado em relação à densidade é o maior teor da fração areia nos horizontes superficiais dos SSV, mesmo não apresentando diferenças relevantes em relação à

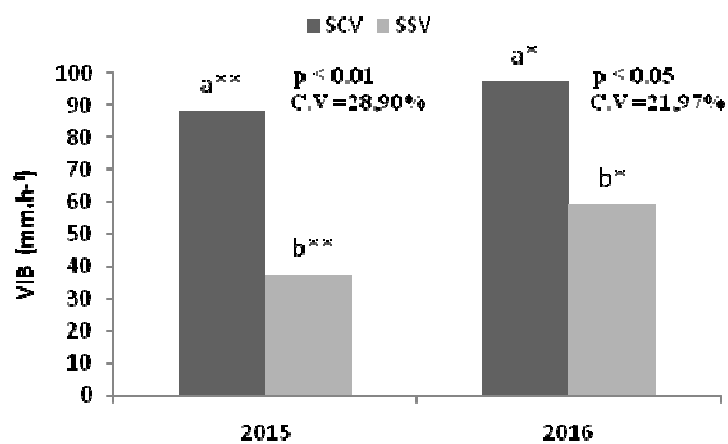
classe textural dos SCV (TABELA 4; TABELA 5). A composição granulométrica incide diretamente na densidade dos solos, visto que solos arenosos possuem densidade mais elevada que solos de textura fina, pois ocorre menor agregação das partículas sólidas, que por sua vez não constituem poros internos aos agregados, diminuindo o espaço poroso total (BRADY; WEIL, 2012).

Esses maiores valores de densidade dos SSV contribuem com os menores valores da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) nesses solos. Os testes de infiltração realizados em julho de 2015 e março de 2016 mostraram diferenças significativas entre a Velocidade de Infiltração Básica dos solos nas duas condições estudadas (FIGURA 11), sendo que os SCV tiveram valores de 68,89 a 119,15 mm h⁻¹ (2015) e 85,30 a 117,91 mm h⁻¹ (2016) e os SSV a VIB foi de 25,78 a 52,13 mm h⁻¹ (2015) e 42,11 a 83,78 mm h⁻¹ (2016).

Nas áreas dos SSV existem correlações significativas entre os atributos Densidade do Solo (Ds), Matéria Orgânica (MOS) e Velocidade de Infiltração Básica (VIB) conforme indicam a Tabela 7 e Figura 12.

Costa *et al.* (2013) corroboram afirmando que em solos com altos valores de densidade, devido ao sobrepastejo, o escoamento superficial pode atingir 54,5% da precipitação pluvial. A correlação negativa entre a densidade do solo e VIB é esperada, pois o aumento na densidade do solo está diretamente relacionado com a diminuição na macroporosidade e, conseqüentemente, redução da taxa de infiltração de água (SPERA *et al.*, 2009).

Figura 11 – Velocidade de infiltração básica na área de estudo, anos de 2015 e 2016



SCV – Solos Com Vegetação; SSV – Solos Sem Vegetação; Letras distintas no mesmo ano diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os vários fatores que interferem na velocidade de infiltração da água nos solos, Bertoni e Lombardi Neto (2014) destacam a cobertura vegetal como o mais importante. Segundo os autores, quando ocorre uma precipitação e o solo está desprotegido sua camada superficial fica comprimida pelo impacto das gotas de chuva e a infiltração é reduzida. Mas se há proteção da cobertura vegetal ocorre diminuição do impacto da chuva sobre os agregados dos solos, diminuindo a erosão por salpicamento ou ação do *splash* (GUERRA, 2010; GUERRA; GUERRA, 2006) e, conseqüentemente, impedindo a formação de encrostamentos superficiais, mantendo-se boa permeabilidade o que favorece a maior VIB desses solos, da mesma forma que deve está ocorrendo nos SCV.

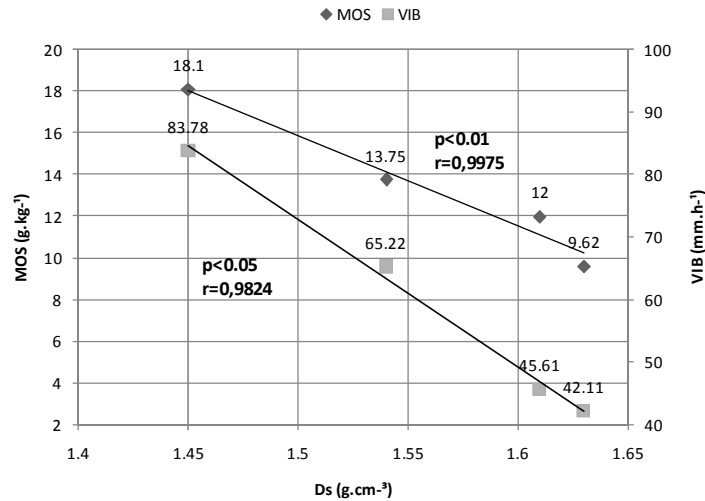
A análise de correlação entre Ds, MOS e VIB nos SCV apresentou a mesma tendência dos SSV, porém com significância somente entre MOS e VIB (TABELA 7; FIGURA 13). Deve-se salientar a importância da matéria orgânica na agregação das partículas, favorecendo o aumento da porosidade total dos solos (REICHERT *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, aumentando a VIB, conforme está indicado pela correlação positiva entre o teor de MOS e a maior velocidade de infiltração nos SCV.

Tabela 7 – Correlação entre Densidade do Solo (Ds), Matéria Orgânica (MOS) e Velocidade de Infiltração Básica (VIB)

Propriedades	Solos Com Vegetação			Solos Sem Vegetação		
	VIB	MOS	Ds	VIB	MOS	Ds
Ds	ns	ns	-	-0.99**	-0.98*	-
MOS	0.98*	-		0.97*	-	
VIB	-			-		

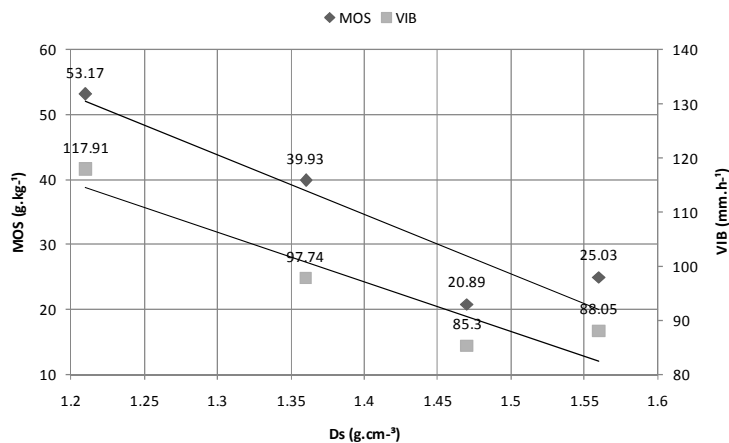
Foi aplicado o Teste t onde: ns= não significativo, *,** = significativo a 5% e a 1% respectivamente. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Correlação da Densidade do Solo (D_s) com o teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS) e com a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) dos Solos Sem Vegetação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 – Correlação da Densidade do Solo (D_s) com o teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS) e com a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) dos Solos Com Vegetação



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3 Atributos químicos dos solos

Os SCV apresentaram alcalinidade ou acidez baixa nos horizontes superficiais, de acordo com a classificação proposta nas recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (UFC, 1993), com valores de pH entre 6,2 e 7,3 (TABELA 8). Por outro lado, os solos sem vegetação (SSV) apresentaram acidez média a alta, com pH variando de 5,9 a 4,5 nos horizontes superficiais, com exceção do PSV-04 (TABELA 9). Comparando-se os valores

médios de pH dos horizontes superficiais dos SCV e SSV houve diferença significativa entre as duas situações (FIGURA 14).

O maior valor médio de pH para os SCV está relacionado aos maiores valores de soma de bases (S), pois esses cátions tendem a elevar o pH do solo, destacando nesse caso, os teores de cálcio nos SCV, conforme mostram os resultados estatísticos de correlação entre esses atributos (TABELA 10). Os elevados teores de cálcio e magnésio influenciam no aumento do valor do pH do solo; quando há maior concentração dessas bases trocáveis, esses íons entram em equilíbrio rápido com a superfície de adsorção dos colóides por forças eletrostáticas, aumentando a saturação por bases e diminuindo a acidez potencial do solo, e deste modo, elevam os valores de pH (WINAGRASKI *et al.*, 2012).

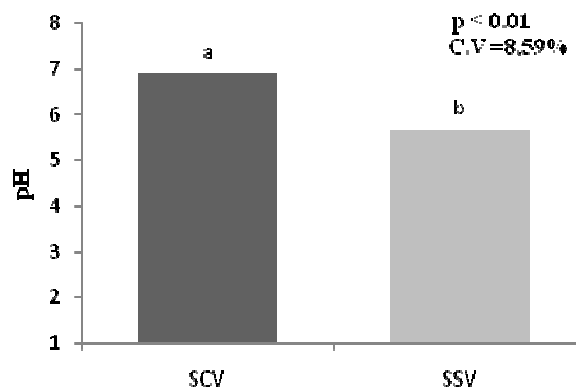
Tabela 8 - Atributos químicos dos Solos Com Vegetação (SCV): Perfis (PCV) e mini-trincheiras (MCV)

Horiz	Prof cm	MOS	pH H ₂ O	C/N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Complexo Sortivo				S	T	m	V	PST	C. E.
								K ⁺	H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	Al	cmol _c kg ⁻¹						
		g kg ⁻¹	-----cmol _c kg ⁻¹ -----											-----%	dS.m ⁻¹		
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-01)																	
A	0-6	39,93	7,1	10	9,00	2,60	0,18	0,75	1,65	0,10	12,5	14,2	1	88	1	0,50	
BA	6-17	17,48	6,3	9	7,80	1,20	0,10	0,44	3,14	0,15	9,6	12,7	2	76	1	0,24	
Bt1	17-35	13,88	5,9	10	7,80	3,80	0,15	0,29	3,96	0,15	12,1	16,0	1	76	1	0,12	
Bt2	35-56	6,93	5,5	11	12,20	5,70	0,17	0,29	4,29	0,25	18,4	22,7	1	81	1	0,06	
Bt3	56-71	4,86	5,5	12	16,00	4,50	0,22	0,31	3,96	0,65	21,0	25,0	3	84	1	0,07	
Cr	71-82 ⁺	3,41	5,7	10	17,70	4,30	0,23	0,31	2,97	0,55	22,5	25,5	2	88	1	0,07	
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-02)																	
A	0-4	53,17	7,3	10	18,60	1,90	0,14	0,73	1,49	0,05	21,4	22,9	1	93	1	0,62	
BA	4-17	19,76	7,2	12	9,80	1,70	0,11	0,49	1,16	0,05	12,1	13,3	1	91	1	0,32	
Bt1	17-40	10,96	6,6	11	8,40	3,60	0,11	0,22	2,97	0,25	12,3	15,3	2	80	1	0,12	
Bt2	40-51	7,14	5,8	9	9,60	8,10	0,77	0,16	4,13	0,25	18,6	22,8	1	82	3	0,08	
BC	51-70 ⁺	4,24	5,9	11	11,30	6,10	0,21	0,22	3,47	0,40	17,8	21,3	2	84	1	0,06	
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-03)																	
A	0-5	25,03	6,7	10	6,40	0,80	0,07	0,54	1,32	0,25	7,8	9,1	3	86	1	0,32	
AB	5-20	6,41	6,6	11	3,00	1,50	0,08	0,32	0,99	0,20	4,9	5,9	4	83	1	0,17	
BA	20-35	3,72	6,8	9	4,80	1,20	0,09	0,45	0,99	0,30	6,5	7,5	4	87	1	0,16	
Bt	35-56	3,62	6,8	11	7,00	3,00	0,09	0,93	1,32	0,15	11,0	12,3	1	89	1	0,11	
Cr	56-75 ⁺	3,00	6,8	11	8,20	3,50	0,11	1,22	1,32	0,35	13,0	14,4	3	90	1	0,11	
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PCV-04)																	
A	0-4	20,89	7,2	10	7,90	4,00	0,14	0,45	1,32	0,20	12,5	13,8	2	91	1	0,36	
BA	4-10	9,83	6,3	9	7,70	3,30	0,10	0,26	2,48	0,25	11,4	13,8	2	83	1	0,18	
Bt1	10-20	8,90	6,2	11	9,30	4,70	0,17	0,36	5,12	0,40	14,5	19,6	3	74	1	0,09	
Bt2	20-30	7,86	6,1	11	14,50	4,30	0,16	0,19	3,96	0,40	19,2	23,1	2	83	1	0,09	
BC	30-39	5,90	5,45	9	16,30	8,70	0,21	0,23	5,12	0,85	25,4	30,6	3	83	1	0,09	
Cr	39-64 ⁺	2,90	5,7	10	9,90	8,10	0,22	0,18	3,63	0,70	18,4	22,0	4	84	1	0,08	
MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO (MCV-01)																	
A	0-3	38,79	7,0	11	11,0	1,80	0,06	0,83	0,33	0,10	13,7	14,0	1	98	1	0,40	
B	20-30	12,31	5,7	11	7,40	3,10	0,10	0,29	2,15	0,25	10,9	13,0	2	84	1	0,19	
MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO (MCV-02)																	
A	0-3	24,41	7,0	10	7,0	1,70	0,07	0,39	0,33	0,10	9,2	9,5	1	97	1	0,25	
B	20-30	16,96	5,5	11	3,50	2,50	0,15	0,27	2,31	0,30	6,4	8,7	4	74	2	0,08	
MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO (MCV-03)																	
A	0-3	31,03	6,2	11	3,50	0,90	0,07	0,38	1,65	0,20	4,9	6,5	4	75	1	0,13	
B	20-30	5,89	5,5	9	1,90	1,30	0,25	0,51	1,98	0,70	4,0	5,9	15	68	4	0,07	

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante destacar a presença de serapilheira sobre os SCV que, segundo Pavinato e Rosolem (2008), Pavinato (2007) e Franchini *et al.* (2001), é comum ocorrer elevação no pH do solo com a adição de resíduos vegetais. Os autores associam este resultado com o efeito da complexação dos cátions H^+ e Al^{3+} pela matéria orgânica e o aumento da saturação da CTC do solo com Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ oriundos do resíduo vegetal.

Figura 14 – Valores de pH dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

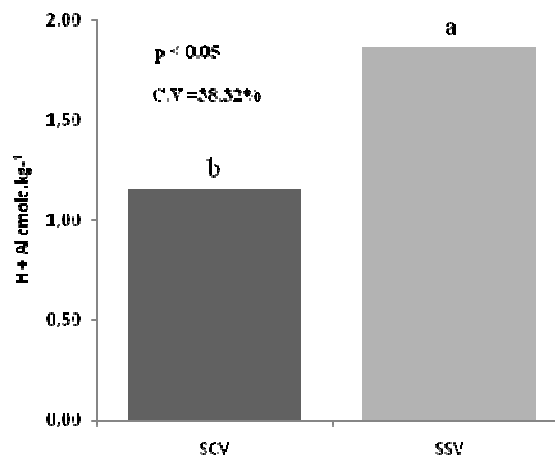
Já nos SSV, mesmo apresentando valores considerados elevados de cálcio e magnésio (UFC, 1993) nos horizontes superficiais (TABELA 9), com exceção das MSV-01 e MSV-03, essas bases não contribuíram para diminuição da acidez potencial ($H^{++}Al^{3+}$) desses solos, conforme constatado em outros trabalhos como Franchini *et al.* (1999) e Pavinato e Rosolem (2008). A análise de comparação dos teores médios de ($H^{++}Al^{3+}$) mostra diferença significativa ($p < 0,05$) entre os SCV e SSV (FIGURA 15). De modo geral, os maiores teores de bases trocáveis no solo normalmente vêm associadas às menores concentrações de alumínio, bem como pH mais elevados conforme observado nos SCV. Todavia, a lixiviação das bases em solos ácidos favorece tanto a adsorção do Al^{3+} e do H^+ pelos argilominerais, como a complexação pela matéria orgânica, reduzindo a disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} e aumentando a concentração de alumínio na solução (PRITCHETT; FISHER, 1987), o que eleva a acidez potencial desses solos. Assim, como é esperado, a análise estatística mostrou que há correlação negativa entre o pH e o teor de Al^{3+} dos SSV (TABELA 10).

Tabela 9 - Atributos químicos dos Solos Sem Vegetação (SSV): Perfis (PSV) e mini-trincheiras (MSV)

Horiz	Prof cm	MOS	pH H ₂ O	C/N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Complexo Sortivo				S	T	m	V	PST	C. E.
								K ⁺	H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	Al	cmol _c kg ⁻¹						
LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico (PSV-01)																	
AB	0-3	12,00	5,9	9	3,10	1,60	0,11	0,32	2,97	0,30	5,1	8,1	6	63	1	0,13	
Bt1	3-16	9,83	5,6	11	5,40	2,40	0,15	0,25	4,13	0,60	8,2	12,3	7	67	1	0,08	
Bt2	16-37	6,41	6,3	11	7,80	2,20	0,29	0,17	2,81	0,15	10,5	13,3	1	79	2	0,06	
Cr	37-55 ⁺	3,62	6,8	9	8,20	2,60	0,43	0,14	1,32	0,15	11,4	12,7	1	90	3	0,13	
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-02)																	
A	0-3	18,10	5,9	10	6,70	2,10	0,12	0,34	1,65	0,10	9,3	10,9	1	85	1	0,08	
Bt1	3-26	8,90	6,6	11	6,30	2,00	0,12	0,14	3,63	0,20	8,6	12,2	2	70	1	0,27	
Bt2	26-45	5,69	6,0	9	8,00	5,40	0,18	0,15	3,96	0,40	13,7	17,7	3	77	1	0,15	
Cr	45-70 ⁺	2,79	6,4	12	13,00	8,00	0,26	0,10	1,97	0,65	21,4	24,3	4	88	1	0,12	
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-03)																	
AB	0-11	9,62	5,9	10	2,30	2,20	0,09	0,20	1,49	0,30	4,8	6,3	6	76	1	0,07	
Bt1	11-23	6,62	5,3	9	3,00	3,00	0,09	0,23	2,81	1,65	6,3	9,1	21	69	1	0,05	
Bt2	23-30	5,58	5,2	11	4,00	2,50	0,13	0,17	2,85	1,65	6,8	9,6	20	71	1	0,06	
Cr	30-40 ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (PSV-04)																	
BA	0-6	13,75	6,7	9	3,00	2,50	0,06	0,89	1,65	0,05	6,5	8,1	1	80	1	0,59	
Bt	6-14	8,37	6,5	11	4,10	2,40	0,15	1,60	1,49	0,10	8,3	9,7	1	86	2	0,66	
Cr	14-30 ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-01)																	
A	0-3	12,31	4,5	11	0,50	0,50	0,06	0,21	2,31	1,10	1,3	3,6	46	36	2	0,05	
B	10-20	7,14	4,3	11	1,00	0,80	0,08	0,31	1,98	0,10	2,2	4,2	4	52	2	0,20	
MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-02)																	
A	0-3	6,83	5,5	9	2,00	1,50	0,09	0,32	1,65	0,30	3,9	5,6	7	70	2	0,07	
B	3-10	4,03	4,9	11	3,80	2,70	0,19	0,36	1,82	0,85	7,1	8,9	11	80	2	0,26	
MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-03)																	
A	0-3	3,62	5,4	9	0,60	0,50	0,08	0,27	1,32	0,55	1,5	2,8	27	54	3	0,06	
B	3-20	3,52	4,5	11	0,70	0,60	0,08	0,32	1,98	1,10	1,7	3,7	39	46	2	0,13	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 – Acidez potencial (H+Al) dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Correlação entre atributos químicos dos solos nas duas condições investigadas

Atributos	pH	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	S
Solo Com Vegetação (SCV)								
pH	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,83*
Al	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns
H	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns
Ca	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	0,98**
Mg	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
Na						-	ns	ns
K							-	ns
Solos Sem Vegetação (SSV)								
pH	-	-0,92**	ns	ns	0,88*	ns	ns	ns
Al	ns	-	ns	ns	-0,86*	ns	ns	-0,81*
H	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns
Ca	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	0,97**
Mg	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	0,84*
Na						-	ns	ns
K							-	ns

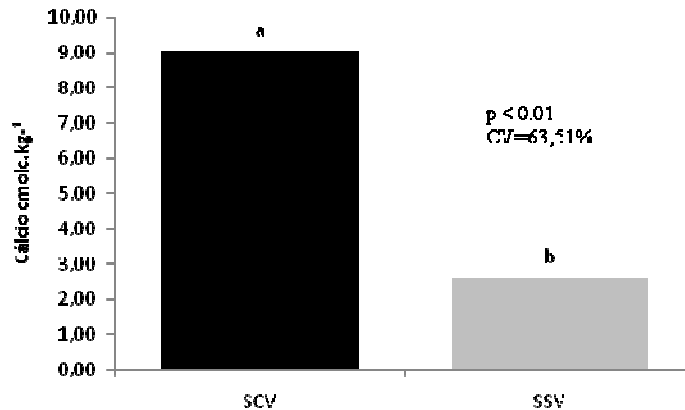
Foi aplicado o Teste t onde: Ns= não significativo; *,** = significativo a 5% e 1% respectivamente. Fonte: Elaborado pelo autor.

Oliveira *et al.* (2008) afirmam que, os horizontes superficiais podem apresentar alguma acidificação resultante da decomposição da matéria orgânica e da extração de cátions básicos pelas plantas ou mesmo pela remoção devido a ação do movimento da água no solo. Essa acidificação pode, ao menos em parte, ser responsável pela destruição de minerais de argila, principalmente os do grupo das esmectitas e vermiculitas. Portanto, essa maior acidez nos SSV pode estar contribuindo para o menor teor de argila dos horizontes superficiais desses solos.

De acordo com Martins *et al.* (2010), além da acidez potencial, o teor de cálcio, a saturação por bases e o teor de matéria orgânica são os atributos mais sensíveis que podem ser utilizados como indicadores do nível de degradação do solo.

Os teores de cálcio nos horizontes superficiais variaram de 3,50 a 18,60 cmol_c kg⁻¹ nos SCV e de 0,60 a 6,7 cmol_c kg⁻¹ nos SSV, apresentando diferença significativa no valor médio entre os dois tratamentos (FIGURA 16). Pavinato, Merlin e Rosolem (2009), corroboram ao afirmar que a maior disponibilidade de Ca²⁺ está associada à consequente disponibilização desse nutriente pelos resíduos da decomposição, o que sugere maior atividade microbiana nos SCV. Entretanto, para as demais bases trocáveis não houve diferença estatística. Valores similares de cálcio foram encontrados para Luvisolos no semiárido nordestino em diversas situações de uso (OLIVEIRA *et al.*, 2009; ARAÚJO FILHO *et al.*, 2000; MOTA, 1997; ALMEIDA, 1995; LUZ, *et al.*, 1992; SOUSA, 1986; JACOMINE *et al.*, 1973).

Figura 16 – Teor de cálcio dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas duas situações estudadas os teores de Ca^{2+} foram superiores aos de Mg^{2+} . Ferreira (2015) encontrou resultados semelhantes e atribuiu esse fato à série de retenção de cátions que, de acordo com Quaggio (2000) isso determina que o Ca^{2+} é mais fortemente retido na matriz coloidal do solo do que o Mg^{2+} . É relevante destacar que tanto os SCV como os SSV apresentaram altos teores de Ca^{2+} nas camadas Cr, fato que está relacionado ao material de origem (gnaiesses) que apresenta na composição química de seus minerais, mais Ca^{2+} do que Mg^{2+} (Ferreira, 2015).

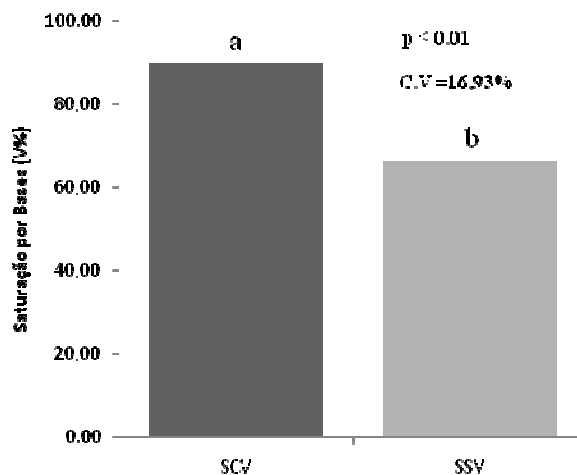
Os SCV apresentaram nos horizontes superficiais valores maiores de saturação por bases (V) do que os SSV (FIGURA 17). Mesmo assim, nas duas condições, os solos possuem caráter eutrófico ($V > 50\%$). No trabalho realizado por Martins *et al.* (2010), o único atributo que diretamente correlacionou-se com a degradação do solo foi a saturação por bases (V). Os autores explicam esse fato pela maior concentração dos sais solúveis no solo (salinização/sodicidade), característico de ambientes em processo de degradação. Por conseguinte, nos Luvisolos de Jaguaribe a saturação por bases está diretamente relacionada aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , oriundos da decomposição do resíduo vegetal (PAVINATO; ROSOLEM, 2008), visto que, diferente da justificativa de Martins *et al.* (2010), esses solos apresentaram baixa concentração de sais solúveis nos horizontes superficiais.

Li *et al.* (2006), observaram decréscimo na condutividade elétrica (CE) de solos em áreas susceptíveis a desertificação. Resultados semelhantes foram encontrados nos solos inseridos na ASD do Médio Jaguaribe que, em geral apresentaram valores de $\text{CE} < 1 \text{ dS m}^{-1}$

(TABELA 8; TABELA 9). Comparando-se os SCV e SSV, percebe-se diferença significativa entre os valores médios de CE dos horizontes superficiais nas situações analisadas (FIGURA 18), com valores ainda menores para os SSV, que apresentam claras evidências de degradação. Além da ausência do caráter salino ou sálico (EMBRAPA, 2013) atribuídos aos valores da CE, os solos apresentaram baixo percentual de saturação por sódio trocável (PST) (TABELA 8; TABELA 9), semelhante aos resultados encontrados por Corrêa *et al.* (2003) e Luz *et al.* (1992) em Luvisolos de regiões semiáridas. Condição indicativa para o não enquadramento desses solos nos atributos sódico ou solódico (EMBRAPA, 2013).

Dentre as condições que favorecem ou não a presença de grandes quantidades de sais nos solos, destaca-se a mineralogia predominante do tipo 2:1 (BOHNEN; MEURER; BISSANI, 2006), dessa forma, a mineralogia mais esmectítica/micácea herdada do material de origem parece ser o fator determinante para compreender os resultados encontrados, visto que os fatores ambientais do semiárido favorecem o acúmulo de sais nos solos conforme relatado por Sousa (2009). Deve-se destacar, ainda, que a localização do solo na vertente deve contribuir de forma determinante para que não haja acúmulo de sais, pois estes solos estão situados no terço médio ou superior, favorecendo as condições de drenagem.

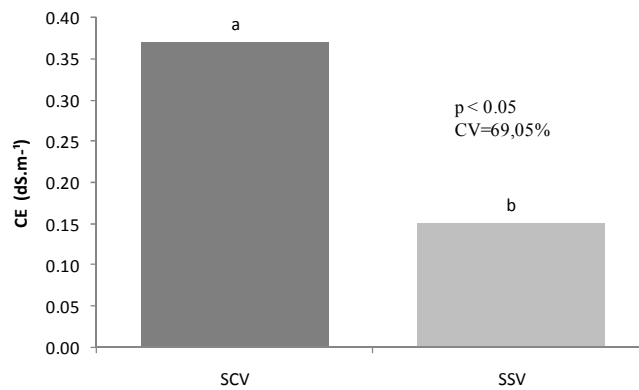
Figura 17 – Saturação por bases (V%) dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

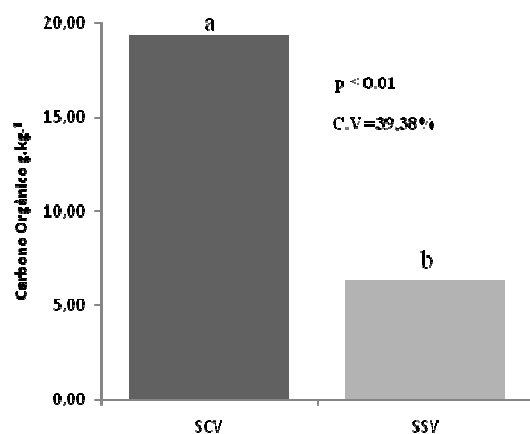
A matéria orgânica do solo (MOS) dos SCV foi superior aos SSV (TABELA 8; TABELA 9), podendo ser constatado pelo tratamento estatístico de comparação de média dos teores de Carbono Orgânico Total (COT) nas duas condições analisadas (FIGURA 19).

Figura 18 – Condutividade Elétrica (CE) dos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Carbono Orgânico nos horizontes superficiais dos Solos Com Vegetação (SCV) e Sem Vegetação (SSV)



Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

A proteção da cobertura vegetal, tanto pelos arbustos da Caatinga como pela serapilheira existentes sobre os SCV, auxiliam na manutenção da umidade (TRAVASSOS;

SOUZA, 2011) e evitam o contato direto dos raios solares com o solo, diminuindo a temperatura na camada superficial, mas não o suficiente para impedir a mineralização da MOS, que contribui na formação e estabilização de unidades estruturais do solo dificultando a ação dos agentes erosivos na remoção de sedimentos, inclusive da própria MOS e, dessa forma, de acordo com Guimarães *et al.* (2013) e Cunha *et al.* (2001), maximiza a retenção de água e a manutenção do conteúdo de COT.

Várias pesquisas em regiões semiáridas que fazem relação entre solos degradados, áreas conservadas e diferentes tipos de manejo apresentam valores similares do teor de matéria orgânica aos encontrados nos horizontes superficiais dos SCV e SSV (FERREIRA, 2015; TRAVASSOS; SOUZA, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2009; SOUZA, 2008).

Segundo Ebeling *et al.* (2011), a caracterização das Substâncias Húmicas (SHs) e sua relação com os atributos do solo é relevante para propor sistemas agrícolas sustentáveis, bem como compreender processos pedogenéticos. Sendo assim, por meio do fracionamento da MOS, verificou-se que os teores de carbono nas frações ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF) apresentaram valores semelhantes nas duas situações analisadas (TABELA 11). A relação entre essas duas frações (C-FAH/C-FAF) ficou próxima a 1,0 nas amostras analisadas, indicando certo equilíbrio no grau de polimerização/humificação da MOS (SILVA *et al.*, 2009) ou baixo potencial de perda de carbono nos solos (FONTANA, 2009), ou conforme os trabalhos de Moraes *et al.* (2008) e Cunha *et al.* (2005), esses valores sugerem certa estabilidade da MOS.

Tabela 11 – Teores de carbono nas frações ácido fúlvico (FAF) ácido húmico (FAH) e humina (HUM), carbono total (COT), índices de carbono da FAH/FAF, C-EA/C-HUM, C-EA/COT e soma das frações húmicas (SFH) dos horizontes de superfícies dos solos

Amostra	Prof cm	COT g.kg ⁻¹	C-FAF ----- %	C-FAH ----- %	C-HUM	C-FAH / C-FAF	C-EA / C-HUM	C-EA / COT	SFH
Solos Com Vegetação (SCV)									
PCV-01	0-6	23,16	2,86	2,97	2,40	1,04	2,42	2,52	85
MCV-01	0-3	22,50	2,83	2,94	2,37	1,04	2,44	2,57	84
MCV-02	0-3	14,16	2,83	2,94	1,62	1,04	3,57	4,08	78
MCV-03	0-3	18,00	2,85	2,93	1,23	1,03	4,71	3,21	74
MÉDIAS	-	19,45a	2,84a	2,94a	1,90a	1,03a	3,26b	3,09a	80a
Solos Sem Vegetação (SSV)									
PSV-01	0-3	6,96	2,84	2,93	0,53	1,03	10,90	8,30	69
PSV-02	0-3	10,50	2,82	2,92	0,57	1,04	10,14	5,47	69
MSV-01	0-3	12,31	2,85	2,91	0,43	1,02	13,26	13,93	68
MSV-03	0-3	2,10	2,91	2,93	0,43	1,01	13,51	27,81	68
MÉDIAS	-	7,96b	2,85a	2,92a	0,49b	1,02a	11,95a	13,87a	68b

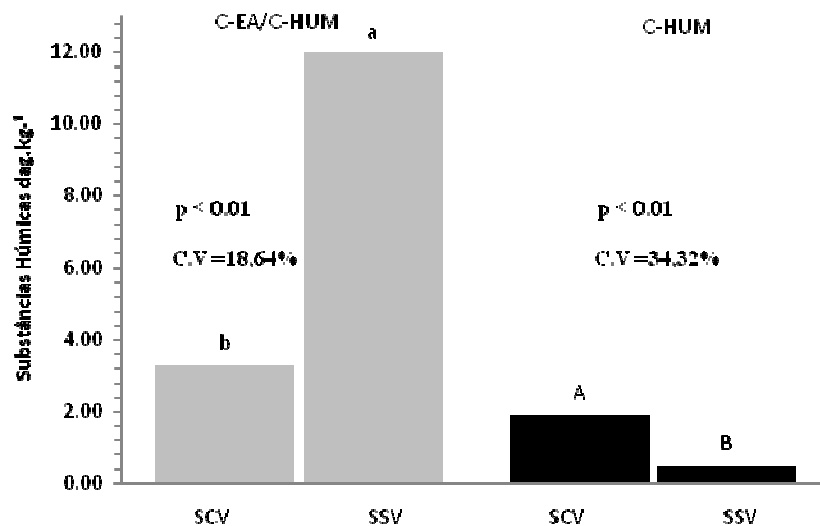
Nas colunas: letras minúsculas distintas diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de até 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, o teor de carbono na fração humina (C-HUM) dos SCV encontra-se mais elevado do que nos SSV, indicando maior estabilidade estrutural da MOS (LOSS *et al.*, 2014) nos solos com vegetação (FIGURA 20). Essa estabilização das frações húmicas da MOS (C-HUM) nos SCV pode ser explicada pela maior disponibilidade de Ca^{2+} nesses solos (FIGURA 15), que fazem pontes metálicas com grupamentos ácidos responsáveis pela estabilização da MOS, formando os humatos de cálcio (OADES, 1988).

Segundo Canellas *et al.* (2000), a fração humina está mais intimamente associada aos colóides minerais do solo, estando aleatoriamente distribuída nos perfis. A predominância dessa fração deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo conferindo resistência à degradação microbiana (ORLOV, 1992; STEVENSON, 1994). Em termos de sequestro de carbono, a humina deve ser considerada a fração mais significativa como reserva de carbono orgânico no solo (FERREIRA *et al.*, 2004).

Figura 20 – Comparação da relação Carbono do Extrato Alcalino (C-EA) e Carbono da fração humina (C-HUM) e entre o C-HUM dos horizontes superficiais dos solos estudados



SCV – Solos Com Vegetação; Solos Sem Vegetação; Letras minúsculas (C-EA/C-HUM) e maiúsculas (C-HUM) distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor.

Valores mais elevados de C-HUM favorecem as propriedades da fração coloidal da MOS, tais como: retenção de umidade e maior retenção de cátions (SOUZA; MELO, 2003) que pode ser verificado na correlação entre a soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T) e os teores de carbono da fração humina (TABELA 12). Correlações similares foram realizadas por Loss *et al.* (2009), que analisaram essas variáveis para diversos sistemas de cultivo.

Tabela 12 – Correlação entre propriedades do horizonte superficial e as substâncias húmicas dos Solos Com Vegetação e dos Solos Sem Vegetação

Propriedades	COT	C-FAF	C-FAH	C-HUM	C-FAH /	C-EA /
					C-FAF	C-HUM
Solos Com Vegetação (SCV)						
AG	ns	ns	ns	-0,96*	ns	0,99**
AF	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SIL	ns	ns	ns	ns	ns	-0,97*
ARG	ns	ns	ns	0,96*	ns	ns
pH	ns	ns	ns	ns	0,99*	ns
Ca	ns	ns	ns	ns	ns	-0,96*
Al	ns	ns	ns	ns	-0,07**	ns
H	ns	0,97*	ns	ns	ns	ns
S	ns	ns	ns	0,97*	ns	-0,99**
T	ns	ns	ns	0,99**	ns	-0,99**
Solos Sem Vegetação (SSV)						
AG	ns	ns	ns	-0,96*	-0,99**	0,98*
AF	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SIL	ns	ns	ns	0,99**	ns	-0,99**
ARG	ns	ns	ns	0,97*	ns	-0,98*
pH	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ca	ns	ns	ns	0,96*	ns	ns
Al	ns	ns	ns	ns	ns	ns
H	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S	ns	ns	ns	0,97*	ns	-0,99*
T	ns	ns	ns	0,99**	ns	-0,99**

COT=Carbono Orgânico Total; C-FAF=Carbono da fração ácido fúlvico; C-FAH= Carbono da fração ácido húmico; C-HUM= Carbono da fração humina; C-FAH/C-FAF= Carbono da fração ácido húmico pelo Carbono da fração ácido fúlvico; C-EA/C-HUM= Carbono do extrato alcalino pelo Carbono da fração humina; H=Hidrogênio; S=soma de bases; T=capacidade de troca catiônica; AG= Areia grossa; ARG= Argila; SIL=Silte. Ns= não significativo; *,** = significativo a 5% e a 1% respectivamente. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os altos valores da relação carbono do extrato alcalino e carbono da fração humina ($C-EA/C-HUM \geq 2,0$) nas duas condições estudadas (FIGURA 20) indicam o predomínio das frações alcalino-solúveis (ácidos fúlvicos e húmicos), podendo ser analisado como indicador de mobilidade e da capacidade iluvial da matéria orgânica nesses solos (GUIMARÃES *et al.*, 2013; FONTANA, 2009; BENITES *et al.*, 2003; BENITES *et al.*, 2001). Esse comportamento deve-se

à natureza solúvel da matéria orgânica (ácidos fúlvicos e ácidos húmicos) que percola no perfil, enquanto a humina, por sua natureza pouco solúvel, concentra-se nas camadas superficiais (BENITES *et al.*, 2001). Na condição dos solos sem vegetação (SSV), os valores da relação C-EA/C-HUM foram ainda mais elevados quando comparados com os SCV, o que pode ser indicativo da remoção da fração humina pela ação da erosão laminar, como resultado da desagregação estrutural da camada superior do solo e remoção de partículas organominerais.

A estabilidade de substâncias húmicas no solo está relacionada com a adição contínua de matéria orgânica, a qual determina a formação de formas estáveis de húmus (TEIT, 1991). Lal (2008), por sua vez, afirma que mesmo que haja alterações mínimas no conteúdo de carbono total, já ocorrem mudanças significativas na qualidade e na dinâmica das substâncias húmicas nos solos. Portanto, os solos com cobertura apresentam quantidade considerável de material orgânico fresco (serapilheira - FIGURA 3A), diferindo dos SSV onde não há essa reposição (FIGURA 3B). Isso deve estar refletindo nos valores médios mais elevados no somatório das substâncias húmicas nos horizontes superficiais dos SCV (TABELA 11) sugerindo maior potencial de humificação da matéria orgânica, enfatizando a importância da cobertura vegetal na manutenção da umidade e no favorecimento dos processos bioquímicos tanto para transformação como para translocação de argila nesses solos, o que reforça a possível recuperação dessas áreas, conforme constatado por Moraes *et al.* (2008).

3.3.4 Micromorfologia e Análise de imagens

Observando as imagens dos blocos dos horizontes superficiais do PCV-01 e PCV-02, percebe-se nitidamente a presença de material grosseiro (esqueleto) inserido no material fino (plasma) (FIGURA 21), o que condiz com a textura mais arenosa desses horizontes. O PSV-02 também apresentou quantidade considerável de grãos do esqueleto inseridos no plasma se comparado ao PSV-01 (FIGURA 22). O horizonte superficial do PSV-01 apresentou plasma mais denso, com aspecto microestrutural característico de horizonte B. Isso ocorre, pois esse solo possui na superfície horizonte transicional AB.

A coleta da amostra indeformada no PSV-02 (0 – 12 cm) englobou parte do horizonte Bt1, por isso a seção superior da imagem desse bloco apresenta feições típicas do horizonte A desses solos, com predomínio de maior quantidade de material grosseiro inserido no plasma. Na seção inferior desse mesmo bloco ocorrem feições semelhantes às observadas na imagem do AB do PSV-01 (FIGURA 22).

Não foram constatadas pela análise das imagens, feições que caracterizassem presença de encrostamentos superficiais mesmo nos SSV, diferindo do trabalho de Toma (2008) que constatou encrostamento na superfície de solos descobertos em condição de erosão simulada. A ausência dessa feição pode estar relacionada com a quantidade de cascalho na superfície desses solos, agindo como proteção natural (OLIVEIRA, 2008) da estrutura pedológica contra a ação da erosão por salpicamento (GUERRA, 2010; GUERRA; GUERRA, 2006).

Figura 21 – Imagens dos blocos sob luz negra dos horizontes A de Perfis Com Vegetação (PCV)

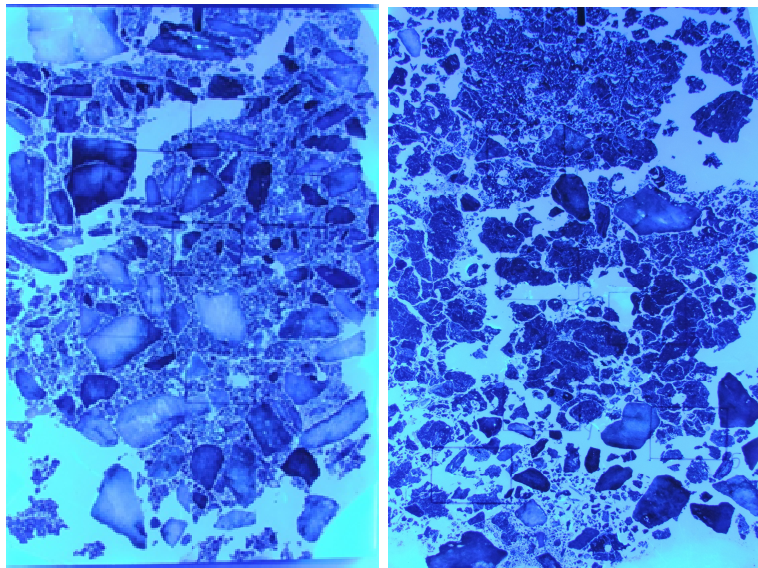


Foto esquerda: PCV-01; direita: PCV-02. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Imagens dos blocos sob luz negra dos horizontes superficiais de Perfis Sem Vegetação (PSV)

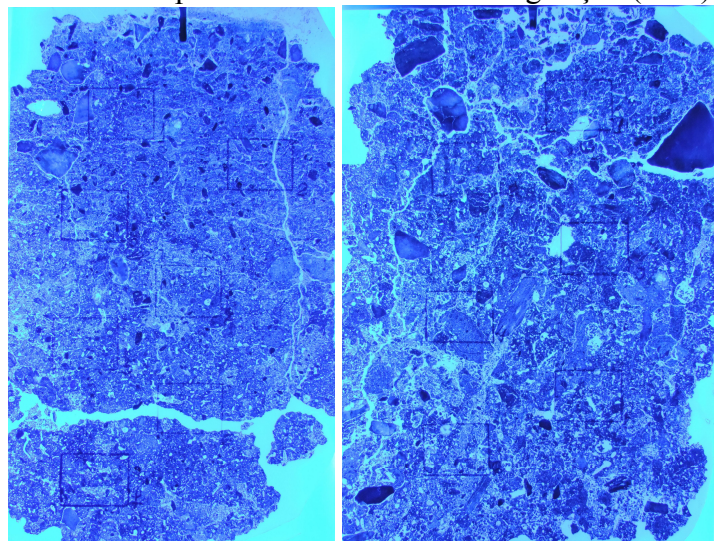


Foto esquerda: PSV-01 (horizonte AB); Foto direita: PSV-02 (horizonte A e parte do horizonte B). Fonte: Elaborado pelo autor.

Não houve diferença entre as feições do Bt dos PCV-01 e PCV-02 (FIGURA 23), visto que esses horizontes apresentaram teores semelhantes das frações granulométricas, bem como microestrutura em blocos angulares e subangulares, semelhante à descrita por Oliveira *et al.* (2008) em lâminas delgadas de amostras de Bt de Luvisolos em região semiárida. Comparando-se com as feições dos horizontes Bt dos PSV-01 e PSV-02, percebe-se o plasma menos denso com maior frequência de espaços porosos do tipo arredondado pequenos e médios entre as microestruturas em blocos angulares e subangulares (FIGURA 24). Essa diferença de poros ocorre devido ao maior teor de frações granulométricas grosseiras e menor quantidade da fração argila dos horizontes Bt dos PSV em relação aos PCV.

Figura 23 – Imagens binarizadas dos horizontes Bt dos Perfis Com Vegetação

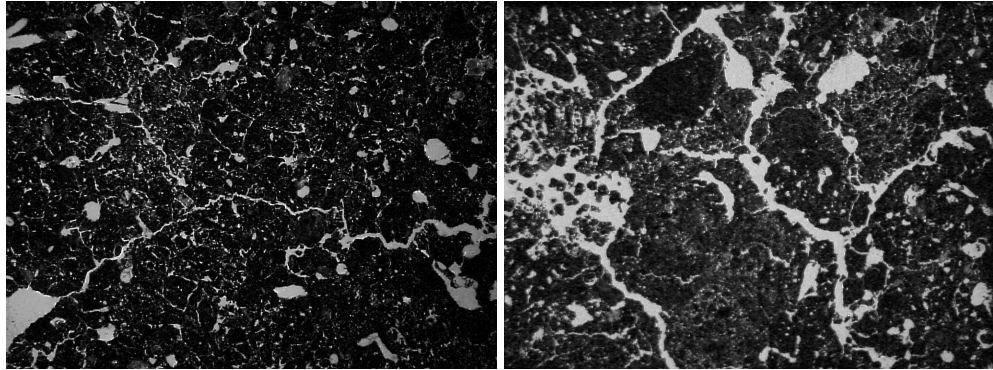


Foto esquerda: PCV-01; Foto direita: PCV-02. Porosidade em branco e fase sólida em preto. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – Imagens binarizadas dos horizontes Bt dos Perfis Sem Vegetação

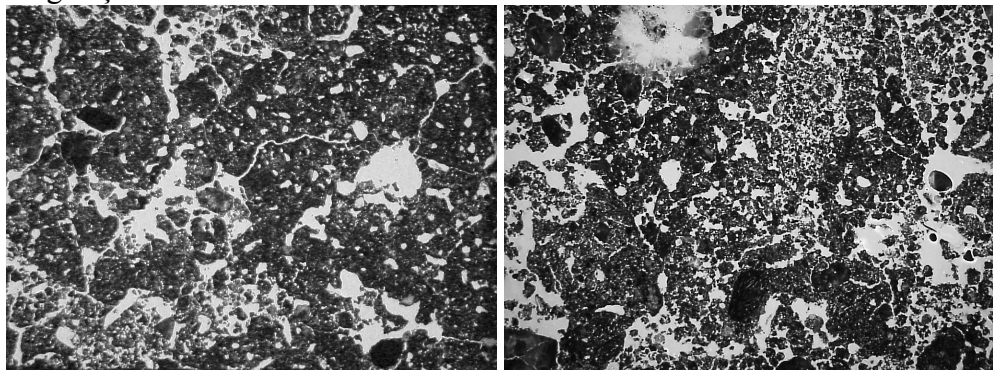


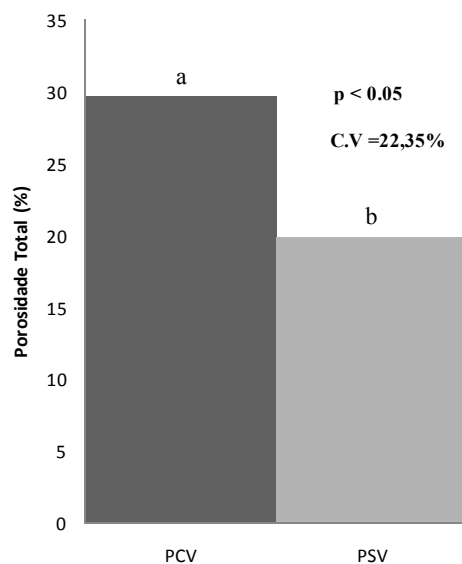
Foto esquerda: PSV-01; Foto direita: PSV-02. Porosidade em branco e fase sólida em preto. Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os valores médios de porosidade dos horizontes superficiais, percebe-se maior porosidade total (PT) nos PCV em relação aos PSV ($p < 0.05$) (FIGURA 25), resultado que condiz com os valores de densidade dos SCV ($1,43 \text{ g cm}^3$) e SSV ($1,60 \text{ g cm}^3$) que apresentaram

diferença significativa no tratamento estatístico (TABELA 6). Esse aumento da densidade do solo está diretamente relacionado com a diminuição da macro e mesoporosidade que, segundo Toma (2012), são tipos (ou tamanhos) de poros identificáveis e mensuráveis nos tratamentos das imagens micromorfológicas.

Outro ponto relevante, como lembra Silva (2010), refere-se à distribuição dos tipos e tamanhos dos poros no perfil pedológico, cujas mudanças verticais bruscas no diâmetro e na morfologia dos poros podem acarretar sérios problemas de erosão.

Figura 25 – Porosidade total dos horizontes superficiais, obtidas pela análise de imagens micromorfológicas



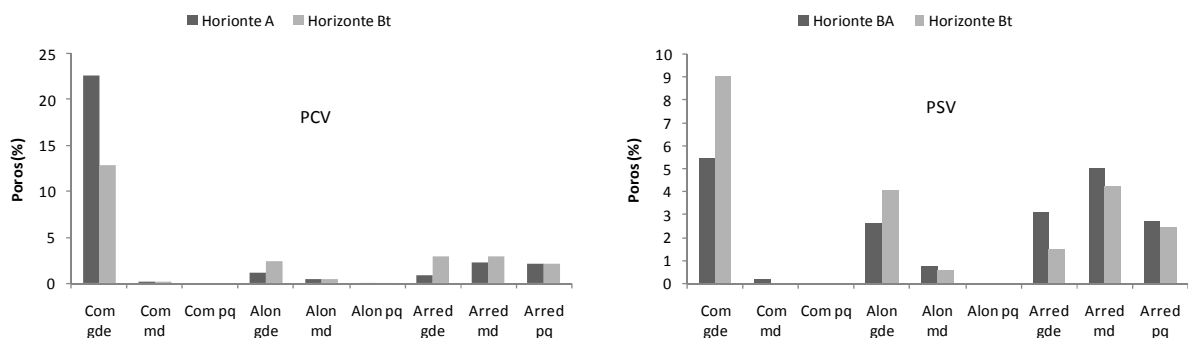
PCV – Perfil Com Vegetação; PSV - Perfil Sem Vegetação; Letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, os PCV apresentaram no horizonte A maior proporção de poros grandes complexos, responsáveis pela drenagem da água no solo (TOMA, 2012), seguido de médios e pequenos arredondados (FIGURA 26), responsáveis pela retenção de água no solo. No horizonte Bt desses perfis ocorre diminuição considerável dos poros complexos grandes e aumento dos poros arredondados grandes e médios. Resultados semelhantes foram encontrados por Toma (2012), no qual o autor conclui que essa mudança nos tipos e tamanhos de poros, altera o comportamento do solo entre a superfície e a subsuperfície. Nesse caso, mesmo sendo uma pequena variação, os PCV possuem horizontes que apresentam boa condução em superfície e outros com maior capacidade de retenção de água em subsuperfície, resultando em condições de

umidade e aeração favoráveis ao intemperismo dos minerais, bem como iluviação de argila no Bt.

Entretanto, os PSV apresentaram aumento nos poros grandes complexos e alongados no horizonte Bt em relação aos horizontes superficiais (FIGURA 26). Os valores de porosidade total obtidos pelo método indireto (KIEHL, 1979), indicam a mesma tendência da análise das imagens da micromorfologia (FIGURA 27). A diferença de porosidade com maior quantidade de poros nos horizontes subsuperficiais dos PSV deve estar relacionado com a compactação dos horizontes superficiais, devido ao entupimento dos poros grandes com as partículas sólidas oriundas da desagregação da estrutura do solo, bem como o pisoteio de animais, o que levaria a redução da PT nos horizontes de superfície, conforme constatado por Silva, Barros e Costa (2006).

Figura 26 – Distribuição dos poros por tipo e tamanho nos horizontes superficiais e subsuperficiais



PCV – Perfil Com Vegetação; PSV - Perfil Sem Vegetação; Com – complexo; Alon – alongado; Arred – arredondado; gde – grande (> 0.156 mm²); md – médio (0.0156 - 0.156 mm²); pq – pequeno (0.000156 - 0.0156 mm²). Fonte: Elaborado pelo autor.

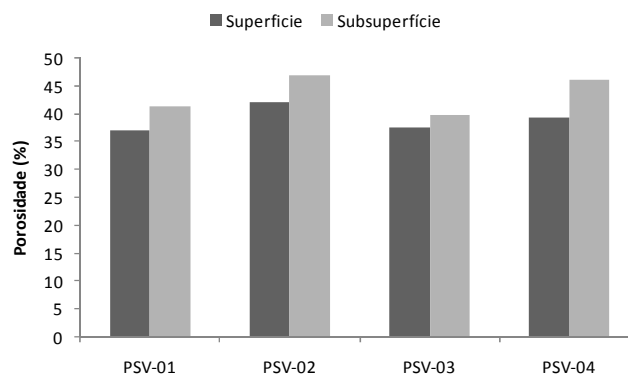
É importante salientar ainda que os horizontes superficiais dos SSV são transicionais, ou seja, possuem características morfológicas dos horizontes de subsuperfícies. Mesmo sendo percebida maior quantidade de poros grandes e complexos, os PSV apresentaram melhor distribuição da porosidade, tanto em relação aos tipos de poros (complexos, alongados e arredondados) como os tamanhos dos poros (FIGURA 26).

A maior PT, com predomínio de poros grandes, nos PCV (FIGURA 28) sugere que esses solos sejam bem drenados ou, pelo menos nos horizontes superficiais haja maior infiltração da água, configurando alta condutividade hidráulica e, conseqüentemente, maior translocação de argila para os horizontes Bt, condição que pode ser constata com a maior VIB desses solos em relação aos SSV (FIGURA 11).

Analisando os valores médios da PT dos horizontes Bt nas duas condições, não houve diferença estatística significativa. O PCV-01 apresentou a menor PT no horizonte de subsuperfície entre os solos dos dois tratamentos (FIGURA 29). Todos os perfis seguiram a mesma tendência em relação ao quantitativo de poros e seus respectivos tamanhos, com predomínio de poros grandes, seguidos dos médios e pequenos em subsuperfície (FIGURA 29; FIGURA 31).

Confrontando os valores médios da PT dos horizontes superficiais e os de subsuperfícies dos PCV não houve diferença estatística significativa, apesar dos horizontes superficiais apresentarem percentual médio de poros superior (PT = 29,62%) aos valores médios do Bt (PT = 19,31%). Nos PSV essa diferença foi ainda menor, com PT média no horizonte superficial de 19,86% e no horizonte de subsuperfície de 21,99%, visto que esses solos apresentam na superfície horizontes transicionais com características de horizonte B. Essa semelhança pode ser observada nas imagens da micromorfologia (FIGURA 30; FIGURA 31).

Figura 27 – Porosidade total (PT) dos Perfis Sem Vegetação (PSV) pelo método indireto¹



¹PT = 100*(Dp – Ds) / Dp, onde: Dp – Densidade das partículas; Ds – Densidade do solo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa menor PT em profundidade e, conseqüentemente diminuição da condutividade hidráulica do solo (AMARO FILHO; ASSIS JÚNOR; MOTA, 2008), contribui com o processo de erosão, visto que ocorre o encharcamento dos poros do horizonte superior quando há diminuição do fluxo de infiltração da água no topo do horizonte Bt. Essa situação aumenta a susceptibilidade à erosão nesses solos, agravada nos PSV que apresentam baixa porosidade total na superfície. Silva, Barros e Costa (2006) constataram que a condutividade hidráulica decresce em resposta à compactação do solo, o que explica a menor VIB nos PSV (FIGURA 11),

proporcionando maior intensidade da enxurrada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014), processo que ocasionou a remoção dos horizontes A desses solos.

Por conseguinte, comparando-se as duas situações investigadas, espera-se que, nos SSV, mesmo sob baixos índices de precipitação pluvial, ocorra maior fluxo de água no sentido horizontal, consequência da menor porosidade total na superfície desses solos associadas às demais características discutidas nesse trabalho, ocasionando menor capacidade de translocação de argila para o horizonte B textural e maior potencial de elutriação nos horizontes superficiais dos SSV.

Figura 28 – Distribuição da porosidade do horizonte superficial dos Perfis Com Vegetação (PCV)

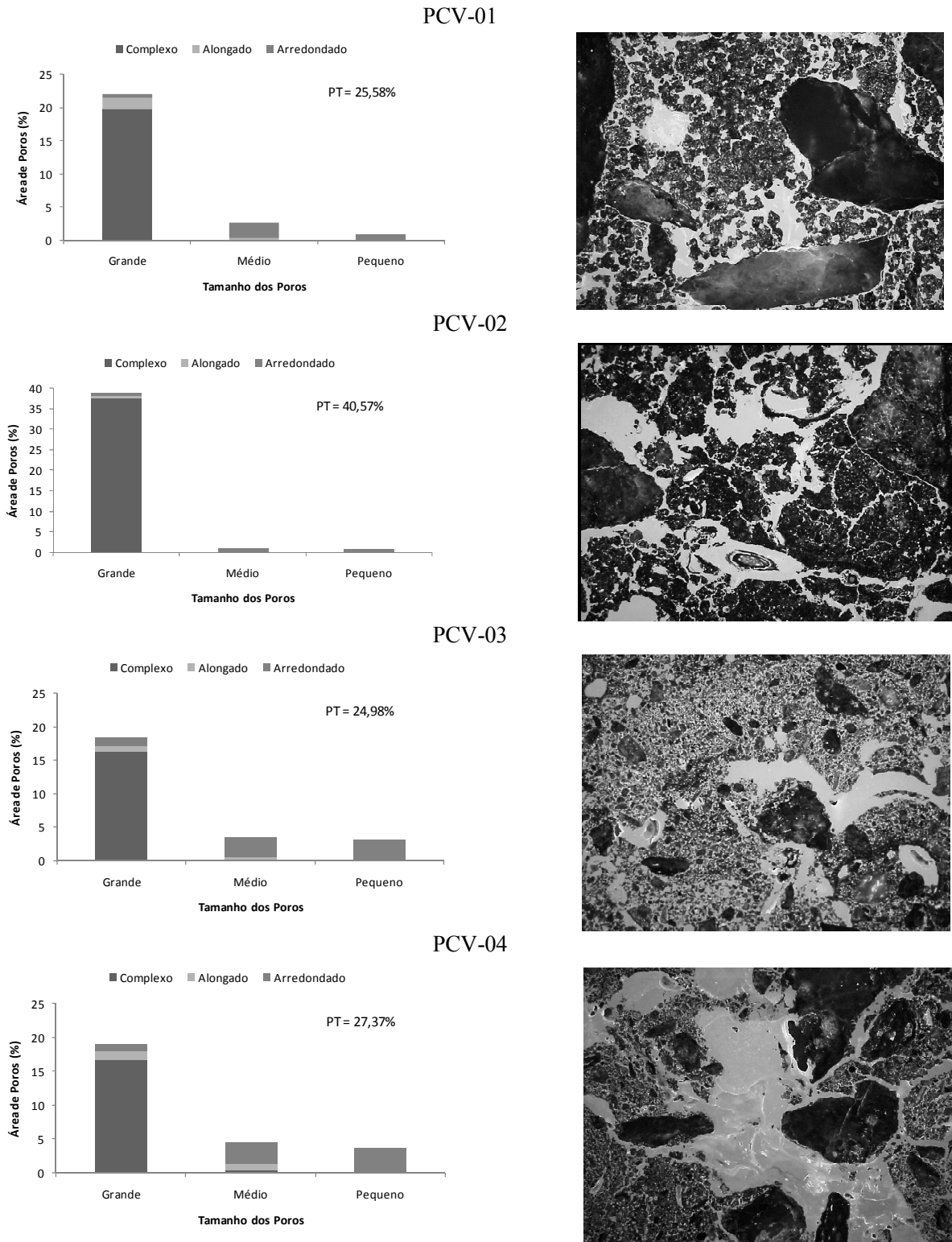
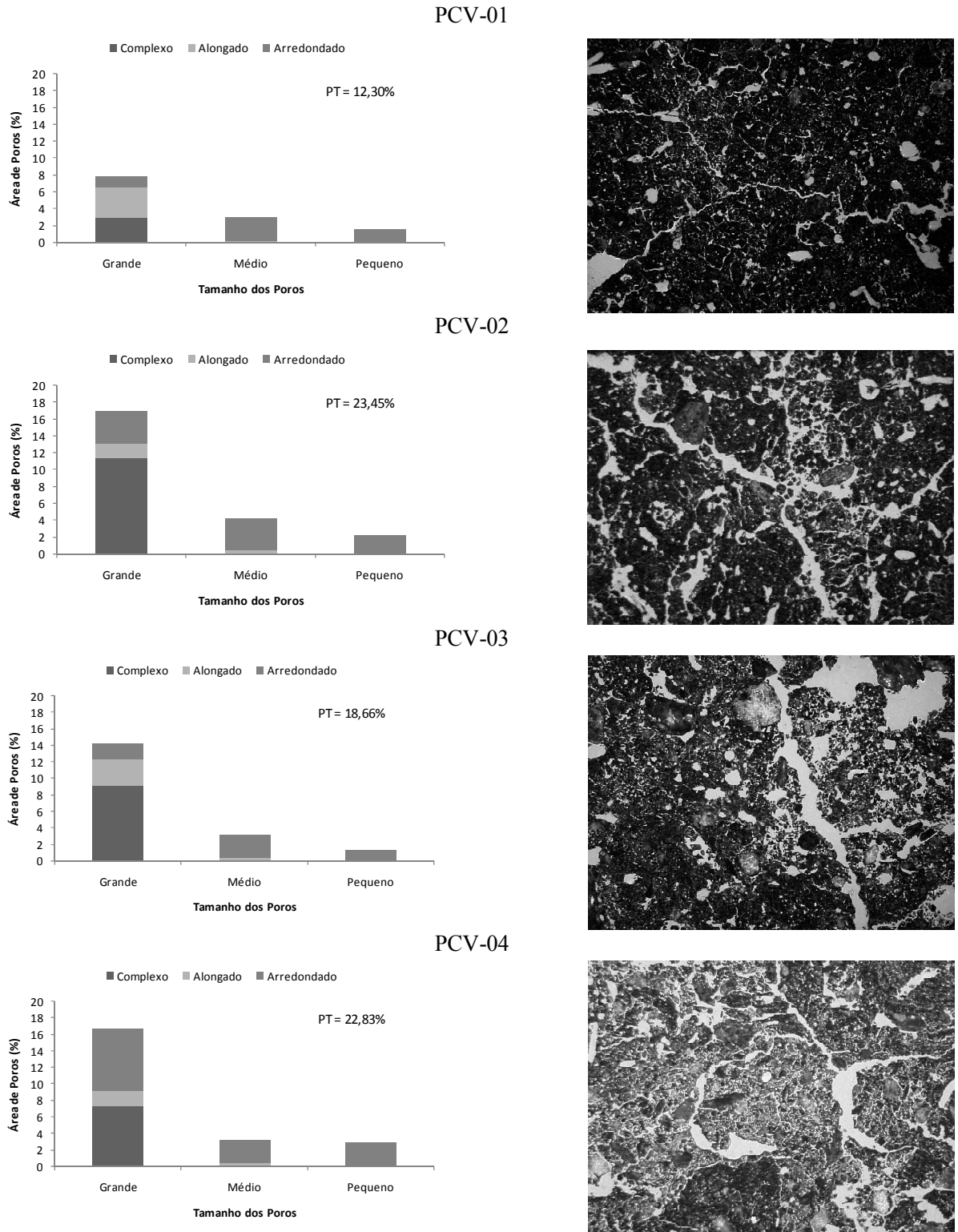


Figura 29 – Distribuição da porosidade do horizonte subsuperficial dos Perfis Com Vegetação (PCV)



Imagens binarizadas (porosidade em branco e fase sólida em preto)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 – Distribuição da porosidade do horizonte superficial dos Perfis Sem Vegetação (PSV)

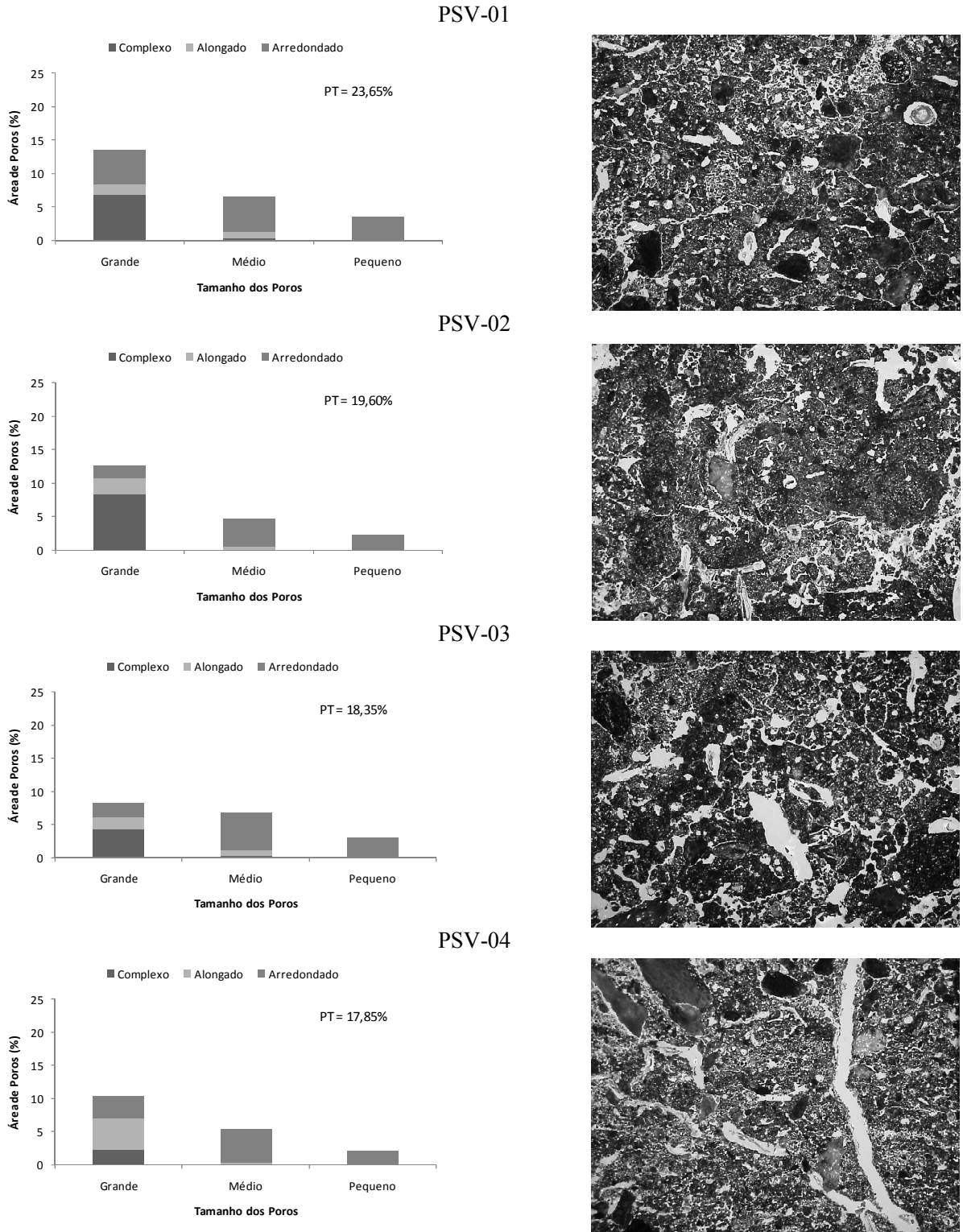
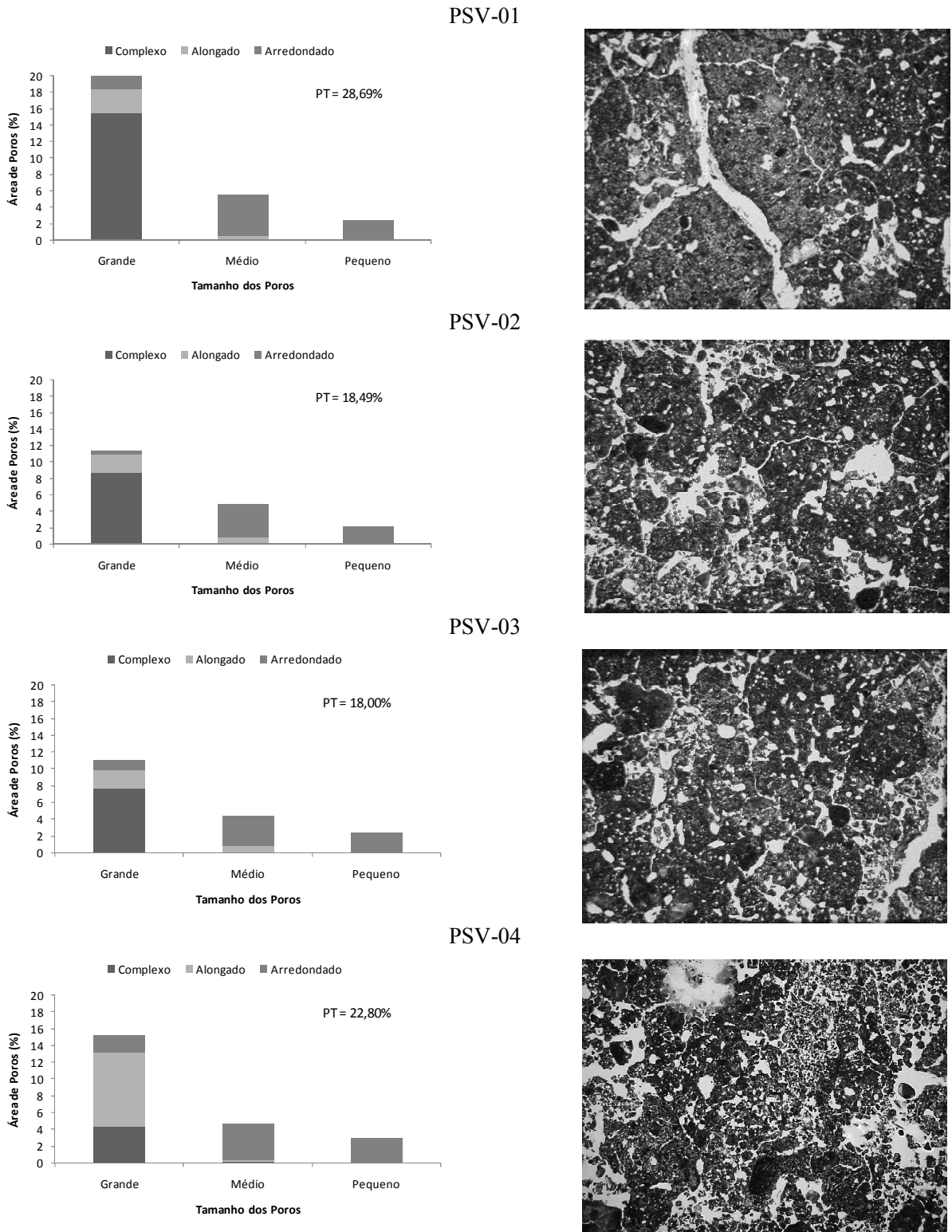


Figura 31 – Distribuição da porosidade do horizonte subsuperficial dos Perfis Sem Vegetação (PSV)



Imagens binarizadas (porosidade em branco e fase sólida em preto)

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Conclusão

O presente estudo, com Luvisolos inseridos em Área Susceptível à Desertificação (ASD), mostrou que há diferenças significativas em diversos atributos ao se comparar solos sem vegetação (SSV) e solos com vegetação (SCV), tais como: espessura do solum, densidade do solo, teores de argila, de matéria orgânica e de carbono na fração húmica.

As diferenças encontradas entre os SCV e SSV estão diretamente relacionadas ao movimento da água, tanto vertical como horizontal, que regula a pedogênese e os processos erosivos do solo. A diferença no movimento vertical da água foi estimada pela Velocidade de Infiltração Básica (VIB), enquanto que a horizontal associada à erosão do horizonte A.

A influência da proteção natural para manutenção e desenvolvimento dos processos pedogenéticos contribuiu com a agregação das partículas e estabilidade estruturais, resultando no aumento da porosidade total verificado pela diferença significativa apresentada nas análises micromorfológicas, corroborando com os resultados obtidos com os testes de infiltração.

4 CAPÍTULO III - EDUCAÇÃO EM SOLOS: ALTERNATIVA PARA CONSCIENTIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL NO SEMIÁRIDO

RESUMO

O semiárido brasileiro encontra-se em alto risco de degradação ou vulnerabilidade socioambiental, ocasionado tanto pelas características dos fatores naturais, quanto pela exploração dos recursos para suprir as necessidades da população, resultando em cenário típico de áreas em processo de desertificação. Para conviver nessa região de forma sustentável, é preciso conhecer suas potencialidades e limitações, mas também é preciso considerar o sistema educacional como fator relevante para difundir práticas conservacionistas que contribuam com a mitigação no avanço da degradação dos solos. Neste estudo foram utilizados os fundamentos da Educação em Solos para capacitar professores do ensino básico de escolas inseridas em Áreas Suscetíveis à Desertificação e assim disseminar a importância dos conteúdos ambientais, tendo o solo como tema gerador. Foi ministrado curso semipresencial on-line com 60 horas/aulas na modalidade de Educação à Distância, inseridas no Ambiente Virtual de Aprendizagem, e 20 horas/aulas destinadas aos encontros presenciais para realização dos trabalhos de campo, oficinas pedagógicas e seminários. Por meio da aplicação de questionários e análise da participação no curso, foi possível avaliar o grau de entendimento dos docentes sobre o assunto e apresentar recursos didático-metodológicos para o ensino sobre solos. Isso resultou na melhoria do planejamento pedagógico e, conseqüentemente, em uma nova postura dos professores em relação ao conteúdo solo. Dessa forma, o ensino básico, por meio da educação em solos, surge como alternativa para construir uma consciência ambiental nas comunidades inseridas nessas áreas, proporcionando aos professores e alunos uma visão integrada da paisagem. O ensino básico também permite utilizar estratégias pedagógicas que inserem os fatores ambientais na sala de aula de forma lúdica, dando significado ao processo de ensino-aprendizagem, possibilitando a socialização e a construção colaborativa de ‘novos conhecimentos’.

Palavras-chaves: Formação docente; Educação básica; Conservação do solo; Projeto de extensão.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid region is under high risk of degradation and socio-environmental vulnerability, caused by both the characteristics of natural factors and the exploitation of resources to meet the population's needs, resulting in a scenario typical of areas under desertification. In order to coexist in this region in a sustainable way, it is necessary not only to know its potentialities and limitations, but also consider the educational system as a relevant factor to spread conservation practices that contribute to mitigating the advance in soil degradation. The present study used the foundations of the Education in Soils to capacitate elementary school teachers of schools located in Areas Susceptible to Desertification and thus spread the importance of environmental content, and soil as a theme generator. A blended course was offered in the modality of Distance Education through the Virtual Learning Environment (60 h) and in-person meetings (20 h), to perform field activities, pedagogical workshops and seminars. Through the application of questionnaires and analysis of participation in the course, it was possible to evaluate the degree of understanding of the teachers on the subject and present didactic-methodological tools for the teaching on soils. This resulted in the improvement of the pedagogical planning and, consequently, in a new posture of the teachers in relation to the subject 'soil'. Therefore, the elementary school, through the education in soils, appears as an alternative to build environmental awareness in the communities of these areas, providing an integrated landscape view for teachers and students. The elementary school also allows using pedagogical strategies that insert environmental factors in the classroom in a playful way, giving meaning to the teaching-learning process, allowing the socialization and the collaborative construction of "new knowledge".

Keywords: Teacher training; Basic education; Soil conservation; Extension project.

4.1 Introdução

O processo de desertificação é um fenômeno antigo que ocorre em várias partes do mundo. No Brasil, a problemática da desertificação tem assumido lugar de destaque entre os processos de degradação do solo, atingindo aproximadamente 900.000 km², afetando direta ou indiretamente mais de 15.000.000 brasileiros. No semiárido brasileiro, mais precisamente no estado do Ceará, foram estabelecidas três regiões que se configuram como Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's) : (i) Sertões dos Inhamuns, (ii) Sertões de Irauçuba e Centro-Norte e (iii) Sertões do Médio Jaguaribe.

As características edafoclimáticas das regiões semiáridas, tais como intensidade e irregularidade temporal e espacial das chuvas, elevadas temperaturas, elevada evapotranspiração e solos pouco profundos com transição abrupta entre os horizontes, deixam os solos vulneráveis aos impactos das gotas de chuva e dificultam a infiltração de água, favorecendo o escoamento superficial e, conseqüentemente, tornando as condições propícias para a erosão. Assim, naturalmente, essas condições favorecem a maior pressão ambiental sob o ecossistema destas áreas, tornando necessárias as práticas de manejo conservacionista para seu uso agrícola.

Além disso, a contínua extração de madeira para atender as demandas energéticas, seguida da prática de queimadas para exploração agrícola, associada com a pecuária extensiva e exploração agropecuária intensiva com elevadas taxas de lotação, têm constituído importantes fatores que favorecem os processos de degradação de áreas agrícolas.

Ao analisar as ASD's no semiárido brasileiro, constata-se que, embora sejam os aspectos naturais que melhor diferenciam essas áreas, é perceptível a existência de fatores econômicos e sociais que aumentam a vulnerabilidade dos municípios à desertificação. Dentre esses fatores destacam-se o elevado grau de pobreza da população residente, atividades predatórias como extração irracional de lenha, inadequação de sistemas de produção agrícola, manejo inadequado na criação de bovinos, ovinos e caprinos, baixo nível de capital humano e de escolaridade da população.

Todas essas vulnerabilidades socioeconômicas estão direta ou indiretamente relacionadas aos fatores educacionais. A disseminação da "Educação em Solos", por meio do ensino de geografia e ciências, constitui uma alternativa para minimizar agravos decorrentes do uso inadequado dos solos. A Educação em Solos traz o significado da importância do solo à vida das pessoas e, assim como na Educação Ambiental, coloca-se como processo de formação que, em si, precisa ser dinâmico, permanente e participativo.

Para a promoção da Educação em Solos é necessária apropriação, por parte dos professores, dos conhecimentos prévios dos estudantes. Nessa perspectiva, o uso das Etnociências, ou seja, da Etnopedologia, auxilia na busca do “novo conhecimento” visto que esse é estruturado a partir do que já se conhecia anteriormente pelos educandos. A Etnopedologia se propõe a estudar o conhecimento que o povo tem acerca dos recursos do solo, levando em consideração os conhecimentos sobre a natureza e os valores da cultura e da tradição local. O mesmo ocorre para todas as ações didático-pedagógicas que envolvam o processo de ensino-aprendizagem a partir da concepção sócio construtivista interacionista de desenvolvimento e aprendizagem. Essa teoria se caracteriza pela conquista do conhecimento mediada por interações sociais e que envolve a relação entre sujeito e a realidade no seu entorno, pressupondo que o ser humano modifica o meio, mas também é modificado por ele, segundo suas experiências pessoais.

Nessa mesma ótica, importantes centros de pesquisa brasileiros e outros situados em países da Europa, Estados Unidos e Austrália, têm atuado na área de educação e ensino do solo, ampliando, discutindo e divulgando o conhecimento produzido.

A formação continuada de professores da Educação Básica tem se colocado como questão-chave na busca por melhorias na qualidade do ensino básico, uma vez que a formação inicial do professor não é suficiente para capacitá-lo diante dos desafios da sala de aula. Especificamente em relação aos conteúdos de solos, os professores geralmente encontram dificuldades tanto conceituais como pedagógicas.

Diante dessa problemática é fundamental incorporar a discussão sobre solos na educação básica, bem como despertar nos professores e alunos a conscientização a partir do conhecimento e dos conceitos de solo, que por si só não resolvem o problema da degradação ambiental, mas contribui para a reversão deste processo. Da mesma forma, é essencial que esse tema seja trabalhado no contexto ambiental pelas instituições de ensino fundamental, levando em consideração os saberes que os alunos já possuem inter-relacionando-os ao conhecimento científico.

Vislumbrando os municípios que compõem o vale do Jaguaribe, que constitui uma ASD, pode-se observar que esses apresentam quadro socioambiental degradante, o que sinaliza para as instituições de ensino, situadas nessa região, a necessidade de investir em estratégias que possam contribuir para a melhoria de uma conscientização ambiental. Dessa forma, pode-se considerar o sistema educacional como fator relevante nesse processo, para ser trabalhado com a

educação básica no sentido de desenvolver espaços que permitam abordar problemáticas ambientais locais e globais partindo da realidade do aluno.

Com base nas proposições descritas, o presente trabalho teve como objetivo compreender a concepção teórico-conceitual dos professores (e estudantes) sobre a temática ‘solo e meio ambiente’ e sugerir ações didático-pedagógicas, por meio de curso de capacitação, que contribuam com a prática docente, abordando temas pedológicos-ambientais para o ensino fundamental, a partir da teoria construtivista, com intuito de sensibilizar os docentes quanto às iniciativas de conscientização ambiental.

4.2 Descrição da pesquisa e aspectos metodológicos

4.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em Jaguaribe, município do estado do Ceará localizado no Nordeste do Brasil (FIGURA 32), que abrange uma área territorial de 1.876,806 km² (IBGE, 2015), com população de 34.409 habitantes que se distribui em cinco distritos: Jaguaribe, Mapuá, Nova Floresta, Feiticeiro e Aquinópolis (IPECE, 2014).

O clima é do tipo semiárido (THORNTHWAITE; METHER, 1955), ou, conforme classificação de Köppen (BSw'h'), clima tropical com estação seca em, pelo menos, oito meses por ano. A temperatura média anual é de 28°C, registrando precipitação média de 677 mm por ano, com estimativa de 1.080 mm ano⁻¹ de evapotranspiração potencial (VAREJÃO-SILVA, 1990).

As classes de solos mais representativas no local de estudo são Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos revestidos por caatinga arbóreo-arbustiva aberta e fortemente degradada, com dinâmica ambiental influenciada por processos erosivos de morfogênese mecânica (IPECE, 2013). Essa degradação está diretamente relacionada com a grande produção de carvão no município, que aparece com a maior taxa de extração de lenha da região durante o período de 1998 – 2007, sem tendência de queda (CEARÁ, 2010).

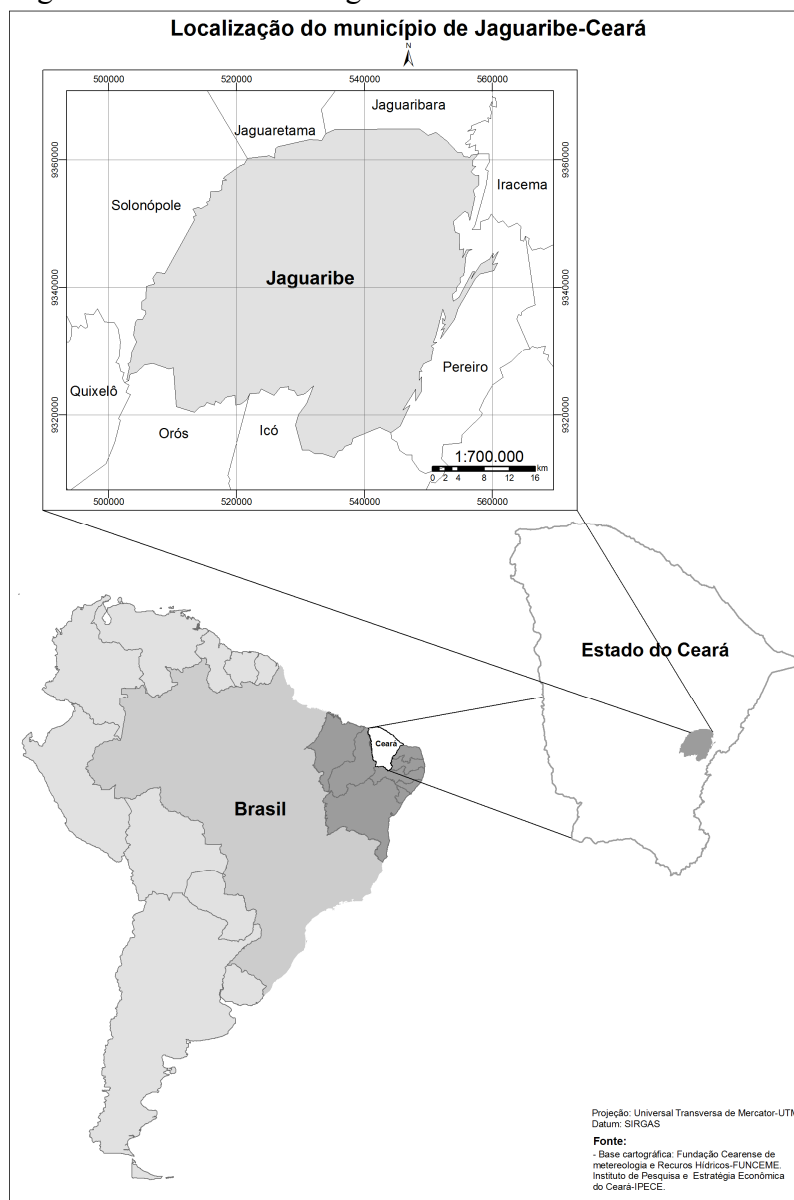
Dentre os municípios que compõem a ASD dos Sertões do Médio Jaguaribe (Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova), Jaguaribe enfrenta o maior nível de desigualdade social, apresentando elevada taxa de mortalidade infantil e falta de saneamento básico (CEARÁ, 2010).

4.2.2 Métodos

4.2.2.1 Caracterização das escolas, dos professores e estudantes

Nessa etapa foi feito levantamento acerca do quantitativo de professores de ciências e geografia, bem como total de alunos matriculados no 6º ano do ensino fundamental. Foi realizada reunião para apresentação do projeto à Secretaria Municipal de Educação (SEDUC), sensibilizando os professores e técnicos de educação sobre a importância da temática e da capacitação docente. Esses dados orientaram a delimitação do objeto a ser estudado.

Figura 32 – Área de abrangência das escolas



Fonte: Elaborado pelo autor.

O município apresentou, no ano de 2015, 72 instituições de ensino, sendo 05 estaduais, 05 particulares e 62 escolas municipais e, destas últimas, 47 estão localizadas na zona rural. A taxa de escolarização para o Ensino Fundamental é de 86%, superando a média do estado do Ceará que é de 84%. Os indicadores educacionais mostram ainda que o rendimento escolar alcançou a marca de 92% de aprovação e 2% de abandono no Ensino Fundamental (IPECE, 2014). A Secretaria de Educação do município de Jaguaribe-CE possui em seu quadro profissional 261 professores no ensino fundamental, sendo 193 com formação em nível superior. Do total, 29 lecionam as disciplinas de geografia ou ciências para um corpo discente de 636

alunos matriculados em 2015 no 6º ano do Ensino Fundamental II. Do total de professores de ciências e geografia, 27 professores optaram em participar da pesquisa.

Foram selecionados alunos matriculados nas turmas de 6º ano do Ensino Fundamental, série ou nível de ensino onde são trabalhados conceitos e definições dos elementos naturais de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) das disciplinas estudadas (BRASIL, 1998). Cada professor ficou com a tarefa de aplicar, em 01 (uma) de suas turmas, os questionários aos alunos, sendo devolvidos 300 questionários, delimitando dessa forma o quantitativo de estudantes avaliados nesse trabalho.

4.2.2.2 Concepção teórico-conceitual dos professores e estudantes sobre a temática 'solo e meio ambiente'

Nessa etapa foi aplicado questionário (TABELA 13) aos professores, cujas perguntas, objetivas e subjetivas, tinham o intuito de estabelecer o perfil pedagógico dos docentes, identificando o grau de conhecimento e as dificuldades em relação ao conteúdo ensino de solo, bem como o modo como desenvolvem a abordagem desse assunto em sala de aula, relacionando-o com processo de degradação ambiental. Foram sete questões de caráter pessoal e de formação acadêmica, seis sobre prática docente e cinco sobre conhecimento teórico-conceitual relacionado ao tema (APÊNDICE C).

Quanto ao corpo discente, também foram coletadas informações por meio da aplicação de questionário (APÊNDICE D), no sentido de compreender o grau de conhecimento dos alunos em relação à temática, a partir das experiências culturais e do aprendizado formal adquirido pelo ensino sistematizado das instituições escolares. O instrumental foi trabalhado como atividade em sala de aula, orientado pelos professores que trouxeram os formulários preenchidos por 300 alunos, o que equivale a 47% das matrículas 2015 do 6º ano do Ensino fundamental II na rede municipal da Secretaria da Educação de Jaguaribe-CE.

Tabela 13 - Síntese do questionário aplicado aos professores da rede municipal de ensino de Jaguaribe, Ceará

Questões Objetivas	Questões Subjetivas
Sexo: () Masculino () Feminino	Tempo de serviço como professor: ____ anos
Faixa etária: () 18 a 25 Anos () 26 a 35 Anos () 36 a 45 Anos () acima de 46 Anos	Qual(is) livro(s) didático(s) você está trabalhando neste ano letivo?
Professor (a) de: () Ciências () Geografia () Outro: _____	Os alunos demonstram conhecimento prévio sobre o tema solo? Que tipo de conhecimento?
Formação Acadêmica: () Magistério () Graduação () Especialização () Mestrado () Doutorado	Se os alunos apresentam conhecimentos prévios sobre o solo, como você os utiliza em sala de aula? Cite um exemplo de sua prática educativa
Durante sua formação acadêmica, como foram abordados os conteúdos referentes ao solo? () Disciplinas () Cursos () Seminários () Palestras () Aula de Campo () Outros: _____	Como a disciplina que você leciona poderia contribuir para minimizar os impactos causados aos solos pelas ações humanas?
Já participou de capacitação/formação continuada em serviço, com ênfase na área ambiental? () NÃO () SIM. Qual(is) _____	Na sua opinião, o processo de desertificação é consequência das condições ambientais ou socioeconômicas? Justifique.
*Relacione os conceitos com suas respectivas definições: (1) Caatinga (2) Degradação Ambiental (3) Desertificação (4) Educação Ambiental (5) Meio Ambiente (6) Recurso Natural (7) Seca (8) Semiárido (9) Solo	Cite, pelo menos, duas consequências de caráter socioeconômico e dois impactos ambientais, causados pela degradação dos solos no semiárido.
Ao fazer o planejamento pedagógico, quais materiais você tem à sua disposição para pesquisa/consulta? () Livros didáticos () PCN's () Internet () Diretrizes do Estado do Ceará () Outros/Quais?	Você acha suficiente e adequado o conteúdo abordado no livro didático sobre a temática "Solo" para suas aulas? Por quê?
Quais os métodos e materiais abaixo você utiliza ou tem disponível para explorar com seus alunos o conteúdo solo? () Aula de campo () Vídeo-aulas () Internet () Maquetes () Mapas () Jogos () outros: _____	Você acha esse tema (Solo) adequado para realizar atividades envolvendo a temática ambiental? Por quê?

Fonte: Elaborado pelo autor. *Questão detalhada na Tabela 15.

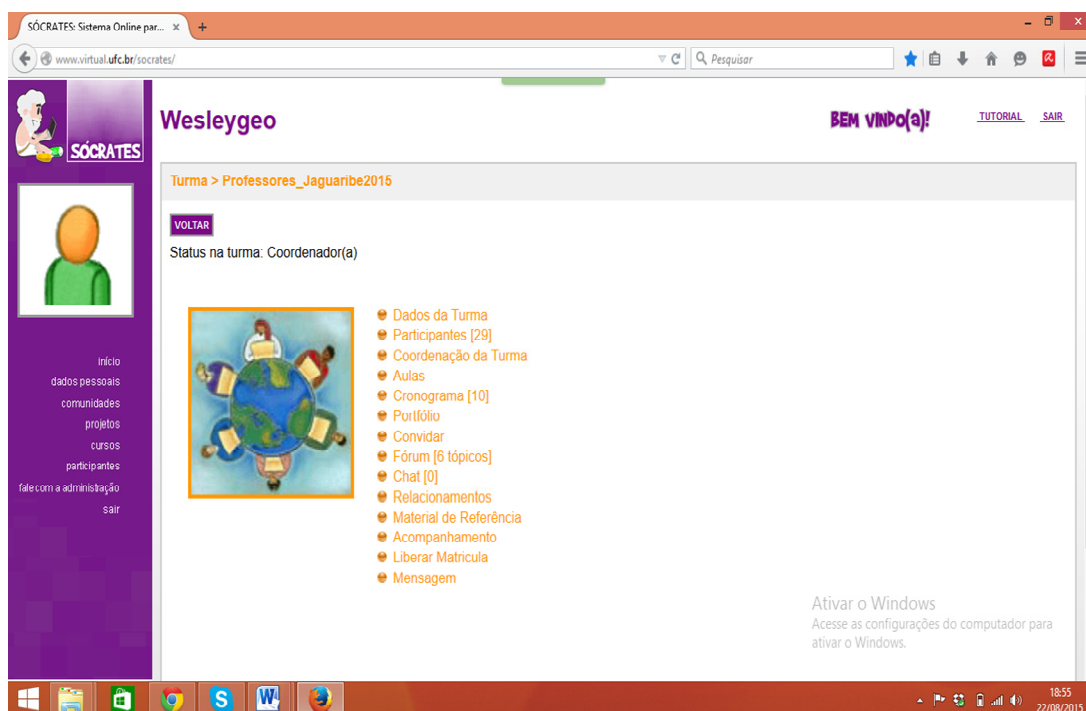
4.2.2.3 Curso de Capacitação "Educação em Solos: construindo uma conscientização ambiental"

Inicialmente, o projeto do curso foi submetido à Pro-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Ceará (UFC), por meio de edital específico, sendo cadastrada a "Ação Extensionista" para formalizar a proposta, de modo a permitir a emissão dos certificados de participação para os professores-cursistas.

No curso foi utilizado o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) "Sócrates", desenvolvido pelo Instituto UFC Virtual (FIGURA 33), pertencente à Universidade Federal do Ceará, estruturado em seis módulos distribuídos em seis semanas (TABELA 14). Cada módulo

no AVA foi contemplado com atividades e fóruns nos quais os cursistas debateram questões sobre o conteúdo ‘solo e meio ambiente’, orientados por materiais pedagógicos disponibilizados no ambiente virtual, tais como textos, vídeos, apresentações de slides, livros, entre outros.

Figura 33 - Página inicial do curso no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Sócrates



Fonte: Instituto UFC Virtual. Disponível em: <http://www.virtual.ufc.br/socrates/>.

As aulas presenciais, realizadas no município de Jaguaribe, em espaços disponibilizados pela SEDUC, foram intercaladas com as realizadas à distância, de modo a complementá-las, por meio de oficinas e trabalhos de campo (TABELA 14).

Os módulos de educação à distância (EaD) apresentaram temas planejados conforme as necessidades observadas nas análises dos questionários qualitativos da etapa anterior, distribuídos da seguinte forma: (a) Conceitos e Fatores de Formação dos Solos; (b) Processos: Intemperismo e Pedogênese; (c) Características morfológicas; (d) Classificação dos Solos/ Solos do Ceará; (e) Conservação e Degradação dos Solos - Desertificação; e (f) Orientação para o planejamento. Todos foram realizados por meio da Plataforma ‘Sócrates’, orientados por materiais de referência tanto para estudo quanto para os debates nos fóruns.

As aulas presenciais seguiram a seguinte sequência metodológica:

(i) Primeiro Encontro Presencial foram apresentados os conceitos, objetivos e princípios metodológicos da Educação em Solos, bem como histórico da Educação Ambiental, discutindo a importância do tema com os docentes. Com a intenção de sensibilizar os professores para a importância da temática de solo no contexto de educação ambiental, após a explanação, os referidos professores participaram de uma exposição com materiais didáticos de apoio produzidos pelo Programa de Educação em Solos: conhecer, instrumentalizar e propagar do Curso de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) (FIGURA 34).

(ii) Segundo Encontro Presencial - Aula de campo realizada no Sítio Brum, área de estudos sobre o processo de desertificação e sua influência no comportamento pedológico em condições de solos com e sem cobertura vegetal, localizado a 40 km da sede do município de Jaguaribe – CE. Nesta aula foi apresentado perfil de solo (PCV-03) e a metodologia para sua descrição morfológica, as ferramentas utilizadas e a relação das características pedológicas com o ambiente, bem como o projeto de recuperação de área degradada (RAD) desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), as técnicas de manejo aplicadas para o controle da erosão, manutenção da umidade e do teor de matéria orgânica no solo (FIGURA 35).

(iii) Terceiro Encontro Presencial - foi desenvolvida uma oficina pedagógica, com elaboração de recursos didáticos pelos professores, que utilizaram materiais reaproveitados e amostras de solos coletados no trabalho de campo (FIGURA 36). A oficina pedagógica foi avaliada pelos professores, por meio de aplicação do instrumental sobre o desenvolvimento das atividades, o grau de satisfação e aproveitamento da aula, além de críticas e sugestões.

(iv) Quarto Encontro Presencial - destinado à socialização dos planos de aula dos professores que apresentaram “estratégias metodológicas” para serem ministradas em suas aulas, utilizando os conhecimentos e os recursos didáticos produzidos durante o curso, bem como a entrega dos questionários aplicados juntos aos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental II.

Figura 34 - Aula inaugural do curso na Escola Municipal Alice Diógenes Pinheiro, Jaguaribe, CE



A - registro do momento de exposição do conteúdo teórico. B - apresentação dos materiais didático-pedagógicos produzido pelo LAPEGEO-UVA .

Fonte: Acervo do autor.

Figura 35 - Registro da aula de campo, realizada no Sítio Brum, distrito de Mapuá Jaguaribe, CE



A – explicação da metodologia para descrição do perfil; B – separação dos horizontes; C – analisando a textura da amostra; D – apresentação das técnicas para Recuperação de Áreas Degradadas. Fonte: Acervo do autor.

Tabela 14 - Sequência didático-metodológica do Curso de Capacitação “Educação em Solos: construindo uma conscientização ambiental”

Aula	Modalidade	Tema	Atividades Realizadas/Fóruns	Carga Horária
01	1º Encontro Presencial	Histórico da Educação Ambiental/Importância dos solos para Meio Ambiente	Sensibilização dos professores por meio de vídeos e dos recursos didáticos produzidos com materiais reciclados e amostras de solo	4h/a
02	EaD*	Conceitos e Fatores de Formação dos Solos	Elaboração de um pequeno texto explicando a importância do solo para o sistema ambiental e sua interação com os fatores de formação	10h/a
03	EaD*	Processos: Intemperismo e Pedogênese	Explicar os processos diferenciando-os	10h/a
04	2º Encontro Presencial	Aula de Campo	Descrição de Perfil de Solo / Coleta de amostras de solos para oficina/ Reconhecimento de técnicas de Recuperação de Área Degradada (RAD)	6h/a
05	EaD*	Características Morfológicas	Relacionar as características morfológicas do perfil de solo e os fatores ambientais da paisagem local	10h/a
06	EaD*	Classificação dos Solos/Solos do Ceará	Pesquisa sobre as Potencialidades e Limitações dos solos do Ceará	10h/a
07	3º Encontro Presencial	Oficina Pedagógica	Confecção de materiais didáticos / ensaios experimentais	6h/a
08	EaD*	Conservação e Degradação dos Solos – Desertificação	Citar atividades humanas que provocam degradação dos solos e suas consequências para o meio ambiente	10h/a
09	EaD*	Orientação para Planejamento Pedagógico	Elaboração de um plano de aula para ser aplicado no 6º Ano sobre o tema ‘solo e meio ambiente’	10h/a
10	4º Encontro Presencial	Socialização dos Planos de Aula	Apresentação dos Planos de Aulas	4h/a

*EaD: Educação à Distância

O planejamento das aulas e elaboração de materiais didáticos de apoio para o curso de formação foi pautado nas orientações do Laboratório de Pedologia e Processos Erosivos em Estudos Geográficos (LAPPEGEO) do curso de geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) (COSTA FALCÃO, 2014) e dos experimentos disponíveis nas páginas da internet do Programa Solo na Escola, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Esta capacitação, juntamente com as demais etapas do trabalho, buscou diagnosticar o nível de conhecimento teórico dos professores sobre a temática ‘solo’, bem como contribuir com o planejamento e propor estratégias didático-metodológicas para prática docente. As informações obtidas com os questionários e com as aulas do curso de capacitação foram trabalhadas utilizando a técnica de análise qualitativa (UMIT *et al.*, 2012) e por meio da tabulação dos dados quantitativos foram elaborados gráficos e tabelas para comparação dos resultados percentuais.

Figura 36 – Imagens da oficina pedagógica realizada com os professores em Jaguaribe, CE



A - experimento para simular erosão em solos com e sem vegetação; B - diferença da quantidade dos sedimentos carreados; C - preparo de tinta com amostras de solo; D - experimento para simular infiltração no solo com diferentes texturas e estruturas; E - pinturas feitas com as tintas de solos; F - exposição dos materiais didáticos produzidos pelos docentes. Fonte: Acervo do autor.

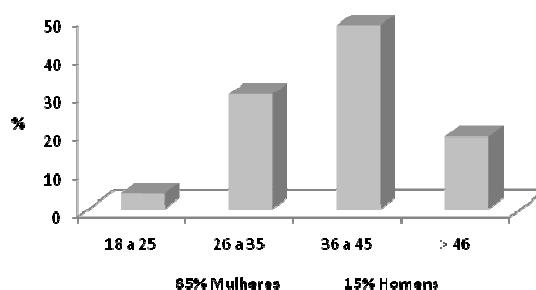
4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Análise dos questionários para caracterização dos professores

Os resultados mostram que ocorre amplo predomínio de profissionais do gênero feminino, cerca de 85%, com faixa etária entre 36 e 45 anos (FIGURA 37). Esses professores são, na sua maioria, formados nas seguintes áreas específicas: 27% licenciados em biologia (ciências naturais) e 27% licenciados em geografia (FIGURA 38). Os demais são pedagogos com habilitação para atuar nas disciplinas específicas de ciências e/ou geografia. Quanto à titulação acadêmica (FIGURA 39), 63% possuem especialização em áreas correlatas à educação e somente 4% têm título de mestrado. Do geral, 63% dos professores declararam nunca terem participado de curso de formação continuada na área de Educação Ambiental (FIGURA 40).

Lima (2005) alerta para a importância da formação permanente do professor, termo que, segundo Pontuschka (1999), elimina a dicotomia entre formação inicial e formação continuada. Nesse sentido, não se pode esperar que professores licenciados possam acompanhar a evolução do conhecimento pedológico, sem que se pense em programas de educação continuada para esses profissionais, para propiciar a atualização dos procedimentos didáticos e dos conteúdos de suas disciplinas (LIMA, 2005).

Figura 37 - Distribuição percentual, por faixa etária, dos professores lotados no 6º Ano do Ensino Fundamental II que lecionam as disciplinas de Geografia e Ciências nas escolas da Secretaria da Educação de Jaguaribe-CE

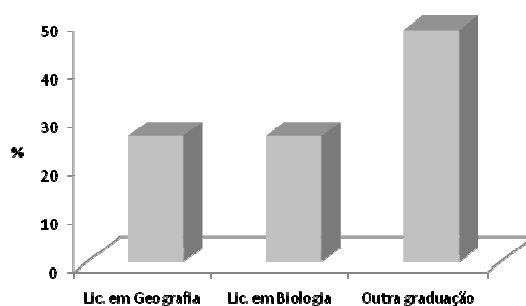


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2 Conhecimento específico dos professores sobre a temática estudada

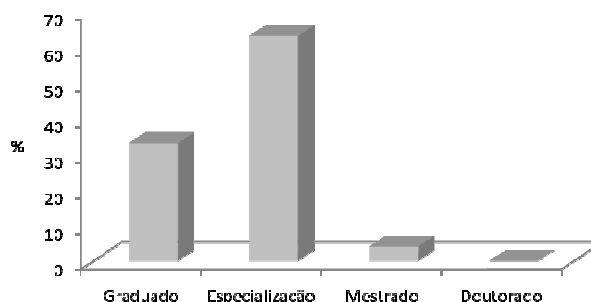
Em relação às respostas solicitadas, de forma objetiva, quanto às definições de vários assuntos referentes à temática estudada (TABELA 15; TABELA 16), percebe-se que há deficiência conceitual por parte dos docentes, inclusive daqueles conteúdos que estão diretamente relacionados com a realidade regional. Apenas 48% acertaram a definição de ‘semiárido’ e 52% acertaram a definição de ‘seca’. Já os conceitos ‘Educação Ambiental’, ‘Caatinga’ e ‘Recurso Natural’ superaram os 90% de acertos, enquanto que a definição de ‘Solo’ alcançou 78% de respostas corretas.

Figura 38 - Formação acadêmica dos professores da Secretaria da Educação de Jaguaribe-CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39 - Titulação acadêmica dos professores das disciplinas de Geografia e Ciências



Fonte: Elaborado pelo autor.

Isso reflete tanto a formação acadêmica dos docentes, quanto a necessidade de capacitação continuada desses profissionais (UMIT et al., 2012), perpassando ainda pela qualidade do tempo de planejamento, pois muitos professores fazem desse tempo pedagógico um

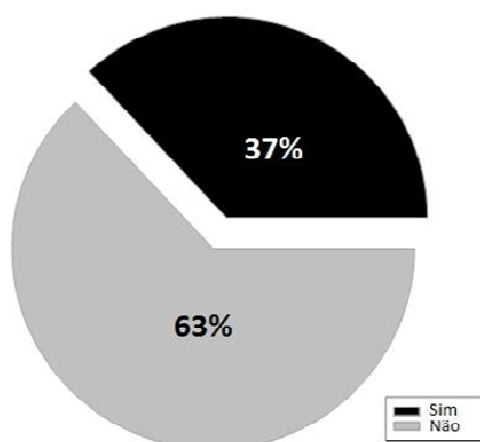
momento de preenchimento de formulários burocráticos, utilizando o livro didático como ferramenta principal para sistematizar suas aulas.

O livro didático mantém-se como recurso mais presente em sala de aula, quando não a própria aula, a voz principal do ensino (SCHÄFFER, 1988). Isso pode ser confirmado na observação dos dados, quando 52% dos professores afirmaram que o livro didático adotado não é adequado para o ensino sobre solo (FIGURA 41), mesmo sendo o recurso mais utilizado no planejamento pedagógico (FIGURA 42).

Quanto aos materiais didáticos utilizados na execução das aulas, o livro didático lidera (100%), seguido pela internet (63%), pelos mapas (59%) e pelo vídeo-aula (56%) (FIGURA 43). Jesus *et al.* (2013) reforçam que os recursos utilizados durante o processo de ensino são peças-chave e devem ser atrativos ao aluno para que a aprendizagem seja significativa. Nesse sentido é relevante ressaltar as possibilidades e condições de uso de recursos midiáticos na educação, que devem ser utilizados tanto como elemento disparador quanto como recurso didático no ensino de conteúdos específicos, tais como solo e meio ambiente (JESUS *et al.*, 2013).

Porto, Ramos e Goulart (2009), se reportando à correta utilização do livro didático, alertam que esse recurso deve mobilizar alunos e professores na busca de informações em outras fontes, visto que ele não pode e nem deve ser encarado como a única fonte de conhecimento para todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Figura 40 - Participação dos professores em cursos de capacitação em serviço sobre Educação Ambiental



Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar ainda que, é preciso repensar a elaboração e escolha do livro didático, de forma a garantir que ensinamentos sobre todos os recursos naturais sejam contemplados e que o funcionamento do sistema ambiental seja compreendido como um todo (JESUS *et al.*, 2013; AMORIM; MOREAU, 2003). Silva, Costa Falcão e Sobrinho (2008), analisando os livros didáticos de geografia, identificaram graves deficiências quanto ao assunto solo, que vai desde definições equivocadas, pautadas em denominações geológicas e agrônômicas, até ausência da abordagem dos processos aos quais os solos são submetidos desde a pedogênese até os processos de erosão.

Cirino (2008) sinalizou sobre a importância da formação em exercício de professores da educação básica, justificando que a formação inicial do professor não é suficiente para capacitá-lo diante dos desafios da sala de aula. Especificamente, em relação aos conteúdos sobre solos, os professores geralmente encontram dificuldades tanto conceituais quanto pedagógicas. Essas dificuldades são acentuadas com as falhas dos livros didáticos que apresentam os conteúdos sobre solos de forma fragmentada e descontextualizada, contribuindo para o desconhecimento da importância dos mesmos enquanto componentes do ambiente natural.

Medina e Santos (2008) afirmam que a introdução da dimensão ambiental exige um novo modelo de professor: a formação é chave da mudança que se propõe, tanto pelos novos papéis que professores terão que desempenhar no seu trabalho, quanto pela necessidade de que sejam agentes criativos (DAUD *et al.*, 2012) e transformadores de sua prática pedagógica.

4.3.3 Avaliação do desempenho dos professores no curso Educação em Solos

Na primeira aula do curso de capacitação foi possível verificar o interesse dos docentes em adquirir novas percepções e técnicas que envolvam o solo como importante agente na preservação ambiental. Visto que, durante apresentação do tema e após assistirem aos vídeos ‘A carta da Terra’ e ‘*Let’s talk about Soil*’, os professores participaram fazendo perguntas e expondo experiências profissionais e pessoais sobre o assunto, sempre de forma dialogada e orientada. O vídeo pode ser usado para atrair e manter a atenção e ainda transmitir impressões (MOORE; KEARSLEY, 2007). Esse recurso parte do concreto, do visível, do imediato, que toca todos os sentidos, abrangendo o corpo, as sensações e os sentimentos (MORAN, 2005).

Tabela 15 - Relação entre conceito e definição de temas ambientais trabalhados no Ensino Fundamental. Questão que compõe o instrumental aplicado aos professores

COMANDO/QUESTÃO	CONCEITO	DEFINIÇÃO*/RESPOSTAS
Relacione os conceitos com suas respectivas definições	1. Caatinga	() “fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico e afetando negativamente os sistemas de produção dependente dos recursos da terra”.
	2. Degradação Ambiental	() “fenômeno que ocorre a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas resultantes de fatores diversos, tais como as variações climáticas e as atividades humanas”.
	3. Desertificação	() “vegetação que predomina no Nordeste do Brasil e está inserida no contexto do clima semiárido”.
	4. Educação Ambiental	() “processo de formação e informação, orientado para o desenvolvimento da consciência crítica sobre as questões ambientais e de atividades que levem a participação das comunidades na preservação do equilíbrio ambiental”.
	5. Meio Ambiente	() “processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”.
	6. Recurso Natural	() “conjunto de fatores exteriores que agem de forma permanente sobre os seres vivos, aos quais os organismos devem se adaptar e com os quais têm de interagir para sobreviver ou ainda, conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.
	7. Seca	() “componentes do meio ambiente que garantem a sobrevivência das espécies vivas do planeta ou ainda, bens que são extraídos da natureza de forma direta ou indireta, e são transformados para a utilização na vida do ser humano”.
	8. Semiárido	() “é uma área geográfica onde as chuvas são bastante irregulares e o solo é raso. Essas características acarretam longos períodos de seca, o que deixa a população sem água até para beber”.
	9. Solo	() “elemento natural, tridimensional, formado pela interação dos fatores ambientais”.

*Definições extraídas do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Associação Caatinga (2015); Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Portal da Educação; Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Livros didáticos 6º Ano adotados PNLD2012: Ciências Novo Pensar (Gowdak, D; Martins, E, 2011), Projeto Teláris – Ciências (Ed. Ática, 2011), Expedições Geográficas (Adas, M; Adas, S, 2011), Projeto Araribá – Geografia (Ed. Moderna, 2010). Gabarito:7/3 /1/ 4 /2 /5 /6 /8 /9. Fonte: Elaborado pelo autor.

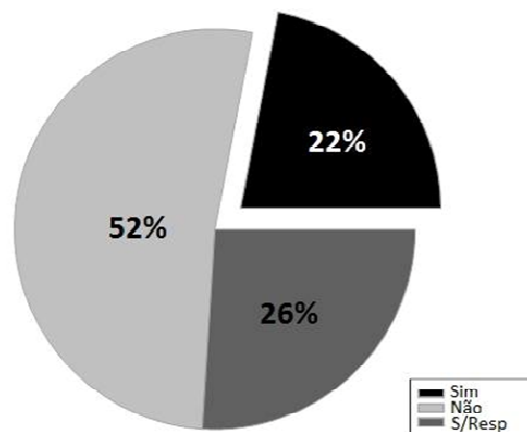
Desta forma, após a sensibilização dos professores em relação à temática, foi possível estimular o estudo dos materiais de apoio disponibilizados no AVA, além de provocar a curiosidade (MEGONIGAL *et al.*, 2010) e o interesse pelo assunto. A partir dessa aula foi possível incentivar a participação efetiva dos professores no ambiente *on-line*.

Tabela 16 – Consolidado das respostas dos professores sobre definições de diversos conceitos ambientais trabalhados no Ensino Fundamental

Quantitativo de acertos das definições dos											
conceitos											
PC	Se	Ds	Ca	EA	DA	MA	RN	SA	S	TC	%
1	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
2	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
3	x	c	c	c	x	x	c	x	x	4	44
4	x	c	c	c	c	x	c	x	x	5	56
5	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
6	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
7	x	x	c	c	x	c	c	x	c	5	56
8	x	c	c	c	x	c	c	x	c	6	67
9	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
10	c	x	c	c	x	c	c	c	c	7	78
11	c	c	x	c	c	c	c	x	c	7	78
12	x	x	c	c	c	c	c	x	c	6	67
13	c	c	c	c	c	c	x	c	x	7	78
14	x	c	c	c	c	c	c	x	c	7	78
15	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
16	x	x	c	c	x	x	x	x	x	2	22
17	c	c	c	c	c	x	c	c	x	7	78
18	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
19	x	x	x	c	c	c	c	x	c	5	56
20	x	x	c	c	x	c	c	x	c	5	56
21	x	c	c	c	x	c	c	x	c	6	67
22	x	c	c	x	c	x	x	x	c	4	44
23	x	x	c	x	x	x	c	x	x	2	22
24	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
25	c	x	c	c	x	c	c	c	c	7	78
26	c	c	c	c	c	c	c	c	c	9	100
27	x	c	c	c	x	c	c	x	c	6	67

PC-Professor-Cursista; Ca-Caatinga; DA-Degradação Ambiental; Ds-Desertificação; EA-Educação Ambiental; MA-Meio Ambiente; RN-Recurso Natural; Se-Seca; SA-Semiárido; S-Solo. c – respostas corretas; x – respostas erradas; TC – total de respostas corretas; % - percentual de acerto. Fonte: elaborado pelo autor.

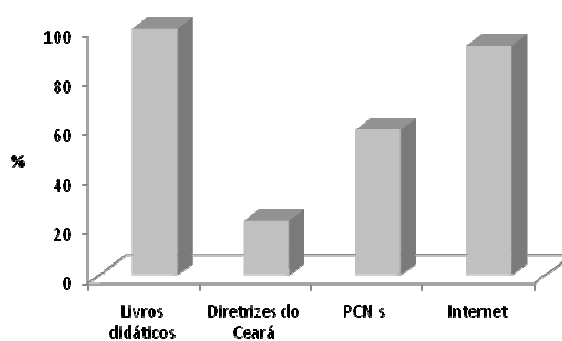
Figura 41 - Opinião dos professores sobre a adequação ou não do livro didático, adotado nas escolas municipais da Secretaria da Educação de Jaguaribe – CE, sobre o conteúdo ‘solo’ no Ensino Fundamental II



Fonte: Elaborado pelo autor.

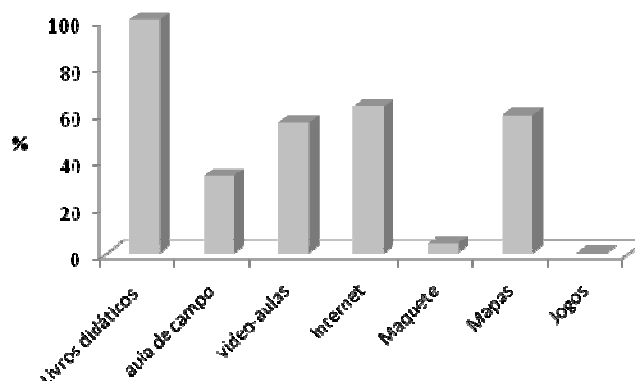
No fórum da aula 2 foi solicitado aos participantes a elaboração de um pequeno texto, explicando a importância do solo para o sistema ambiental e sua interação com os fatores de formação. Percebe-se que os professores não apresentaram respostas compreensíveis, ou seja, não conseguiram, de forma clara, expor suas ideias sobre o papel do elemento natural ‘solo’ na interação do sistema ambiental. De acordo com Falconi (2004), essa deficiência na fundamentação teórica tem como consequência diversos problemas no ensino de solo nas escolas de educação básica, pois isto indica que a abordagem sobre o tema não é realizada efetivamente pelos docentes, seja pela falta de conhecimento, seja pela complexidade do conteúdo.

Figura 42 - Materiais utilizados durante o planejamento pedagógico



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 43 - Recursos Didáticos utilizados durante a execução das aulas sobre solo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta mesma percepção foi relatada por Sobrinho (2005), que destacou a dificuldade dos professores na abordagem dos conteúdos pedológicos no contexto ambiental, por falta de metodologia, assim como por falta de conhecimento específico sobre o assunto, resultando no desinteresse dos professores e dos alunos pelo tema.

No fórum da aula 3, a discussão foi pautada nos processos de intemperismo e pedogênese, sendo facultado aos professores diferenciar estes processos e explicar como eles ocorrem. Novamente os docentes não conseguiram, de forma clara e objetiva, descrever os processos e, desta forma, diferenciá-los. Apresentaram confusão conceitual entre estes processos e não demonstraram discernimento, do ponto de vista teórico, do momento ou das fases da meteorização litológica e início da pedogênese.

Antes do início da aula 5 no AVA, houve o segundo encontro presencial, no qual foi realizada aula de campo no Sítio Brum, seguindo o roteiro didático. Para esse momento utilizou-se a abordagem geossistêmica (ROSOLEM; ARCHELA, 2010; SOTCHAVA, 1977; BERTRAND, 1971; TRICART, 1977) no sentido de proporcionar uma visão integrada sistêmica dos elementos que compõem o ambiente. Os professores tiveram a oportunidade de conhecer o processo do intemperismo até a pedogênese, reconhecendo o solo como elemento natural, integrante da paisagem e resultante dos processos que ocorrem na natureza, bem como participar da descrição do perfil pedológico e compreender a relação das características morfológicas com as condições ambientais.

Esse momento de ensino e aprendizagem ocorreu conforme a idéia de Silvestre, Lima e Moreira (2009), de que a aula de campo tem como finalidade familiarizar o aprendiz com os aspectos físicos, naturais e as atividades humanas relacionadas ao uso da terra, percebendo,

assim, a identidade do lugar ou da comunidade. Dessa forma, além do estudo do perfil de solo foram discutidas algumas práticas agrícolas utilizadas pela comunidade local para cultivo da terra, bem como apresentadas várias técnicas de manejo conservacionista e de recuperação de áreas degradadas aplicadas no Sítio Brum, no projeto experimental para pesquisas com RAD e pedogênese, desde contenção de sedimentos carregados pela erosão até a manutenção da umidade do solo com cobertura de serapilheira.

Após este trabalho prático, os professores apresentaram maior interesse pelo assunto. Isso refletiu diretamente na melhoria da participação na aula 5, cuja atividade era realizar uma correlação entre as características morfológicas do perfil de solo e a configuração dos fatores ambientais da paisagem local. Dessa forma foi demonstrada a importância das aulas práticas em campo no processo cognitivo da assimilação do conteúdo ministrado, conforme proposto por Urushadze, Kvrivishvili, e Kakhadze (2015). De fato, Abrantes *et al.* (2012) reportam que a aula de campo não deve ser vista como um fim, mas como um meio para elucidar a teoria vista em sala de aula e elencar novas indagações ao retornar-se a ela.

Esse avanço positivo pode ser retratado com as palavras dos próprios professores postadas no AVA: “[...] a aula de campo nos mostrou que é simples e não exige equipamentos complexos para identificar e relacionar essas características...” e “[...] Nesta análise visual inicial, distinguem-se os horizontes do solo, detectando a translocação de argilas e a presença de matéria orgânica pela cor[...].”

As opiniões dos cursistas confirmam a importância da aula de campo que, segundo Damien *et al.* (2011), é um recurso essencial para o ensino das ciências ambientais sem a qual o estudo do solo ficaria incompleto.

O terceiro encontro presencial fortaleceu ainda mais o envolvimento dos participantes, pois por meio da oficina de produção de materiais didáticos, os professores fabricaram diversos recursos pedagógicos (FIGURA 36) utilizando amostras de solos coletados na aula de campo. Foram produzidos painéis com as frações granulométricas e tipos de estruturas dos solos, tintas com diferentes cores de amostras de solos e montaram seus próprios experimentos com materiais reaproveitados, simulando processo de infiltração e retenção de água no solo sob diferentes condições de textura e estrutura pedológica. Observaram ainda a quantidade de sedimentos erodidos em solos sem vegetação e com cobertura e interagiram de forma lúdica por meio de jogos, pinturas de telas e outros materiais disponibilizados para aquele momento.

O trabalho foi orientado no sentido de simular condições naturais com explicações científicas para os ensaios experimentais, o que permitiu maior rendimento no processo de ensino e aprendizagem. Os materiais didáticos ajudaram a ilustrar conteúdos e conceitos referentes ao estudo do solo. Os resultados têm confirmado a aprovação da utilização dos materiais como ferramenta de apoio que auxiliam os alunos na aquisição dos conhecimentos científicos de forma eficaz e significativa (COSTA FALCÃO, 2014).

Os docentes fizeram associações das informações teóricas obtidas nas aulas e na participação dos fóruns com as práticas realizadas, dando maior significado ao estudo (JESUS *et al.*, 2013), percebendo a importância do tema para sua rotina em sala de aula, bem como a importância do lúdico como instrumento facilitador da aprendizagem. O lúdico possibilita a relação do estudante com o conteúdo, pois por meio da atividade lúdica e do jogo, o aluno forma conceitos, estabelece relações de lógica, integra ideias, estimula a observação e vai desenvolvendo o seu aprendizado (ALMEIDA; COSTA FALCÃO, 2012).

O grupo de professores foi unânime em relação ao aproveitamento das técnicas socializadas na aula para melhoria do processo ensino-aprendizagem de solo com seus alunos. Os professores também elogiaram a metodologia por terem sido utilizados materiais recicláveis e, portanto, resultaram em experimentos de baixo custo e com grande retorno pedagógico.

Na aula 6 foi solicitada uma pesquisa sobre os solos do Ceará e suas principais características. Todos os participantes citaram três classes de solos, Argissolos, Neossolos Litólicos e Luvisolos, como sendo as mais importantes pela extensão que ocupam no território cearense. Mas, o que chamou atenção é que todos os professores utilizaram a mesma fonte de pesquisa, o sitio da internet do Instituto de Pesquisa e Estratégias Econômicas do Ceará (IPECE). Adicionalmente, os professores não buscaram comentar ou formatar as informações, simplesmente copiaram e postaram no AVA. Isso demonstra que, mesmo se tratando de profissionais da educação, os participantes de cursos em EaD precisam de constante acompanhamento e orientações para que possam adquirir novos conhecimentos, visto que o fato de copiar informações sem o trabalho de interpretar e reescrever com suas concepções, não garante um aprendizado eficaz.

Essas orientações e o acompanhamento pedagógico na modalidade EaD devem estimular a interação entre os alunos, professores e demais especialistas para compartilhar e comentar informações, a partir de diferentes fontes para refletir a diversidade global de conhecimentos (ALLY, 2008). Certificando, por meio de avaliações contínuas, que os alunos estão aprendendo e atualizando seus conhecimentos (GILL; RENGEL, 2013).

Na aula 8 foi solicitado que os cursistas dessem exemplos de atividades ou ações humanas que provocam degradação dos solos presenciados na aula de campo, elencando as consequências para o meio ambiente. Das respostas postadas, surgiram 07 (sete) intervenções consideradas as mais relevantes para a degradação do solo, sendo elas: desmatamento, uso de agrotóxico e fertilizante, monocultura, queimada, compactação, poluição e manejo sem práticas conservacionistas. Dessas, 26% consideram o desmatamento, seguido de 18% de queimadas e 18% de manejo sem práticas conservacionistas, as ações que mais agridem os solos.

Como todas essas práticas citadas são amplamente utilizadas pela população local (CEARÁ, 2010), a consciência prévia dos educadores indica que essas intervenções antrópicas deveriam fazer parte da rotina escolar, utilizando as concepções da Educação em Solos para demonstrar para os alunos a importância das práticas conservacionistas na manutenção da fertilidade dos solos e proteção dos demais elementos naturais e, dessa forma, construir uma visão ambiental integrada. Jesus *et al.* (2013) reportam para necessidade de repensar o papel do ser humano e a relação dele com o meio em que vive, providenciando a mudança de mentalidade e mesmo de valores, de modo que se ampliem o conhecimento e a conscientização ambiental como um todo.

Finalizando as aulas na modalidade EaD, na aula 9 foram realizadas orientações por meio de mensagens eletrônicas sobre o planejamento pedagógico. Nessa ocasião os professores esclareceram dúvidas em relação ao conteúdo estudado, bem como sobre as técnicas utilizadas na oficina e no trabalho de campo.

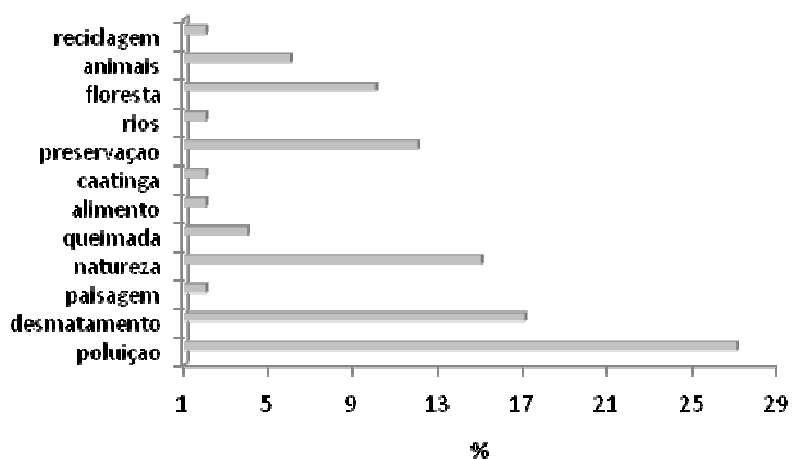
Quanto aos discentes, dos 300 questionários aplicados 93% afirmaram que já estudaram o tema solo nas disciplinas de geografia e/ou ciências. 43% declaram que possuem parentes que trabalham em atividades relacionadas ao campo, tais como agricultura e pecuária, fato relevante para difusão dos conhecimentos adquiridos com a Educação em Solos. Por conseguinte, esse fato tem sua importância no sentido de criar oportunidades para o professor aproximar o conteúdo a realidade do educando. Segundo Pelizzari *et al.* (2002), para que ocorra aprendizagem significativa é preciso que o conteúdo possa apresentar algum significado para o aluno e que seja potencialmente significativo. Jesus *et al.* (2013) corroboram ainda, afirmando que a aprendizagem é facilitada quando maior número de estímulos de um mesmo conteúdo é proporcionado simultaneamente.

Ao serem questionados sobre palavras que eles relacionam como o termo 'meio ambiente' (FIGURA 44), 27% citaram poluição e 17% desmatamento, o que demonstra a

preocupação coletiva com a degradação ambiental, transferida aos jovens e a sociedade em geral, muitas vezes de forma aleatória e sem fundamentação científica.

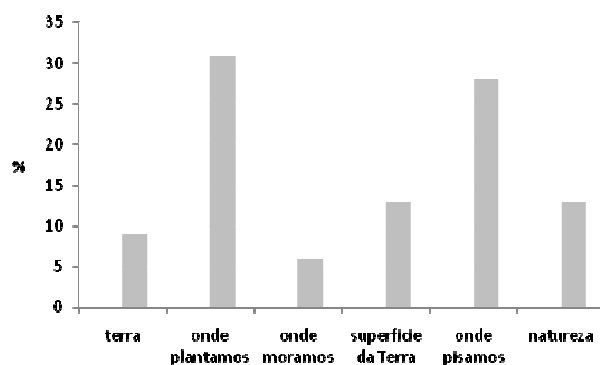
Foi indagado aos alunos, de forma subjetiva, o que é solo. 31% responderam que é o lugar onde plantamos, seguido de 28% o lugar onde pisamos (FIGURA 45). As respostas apresentadas são similares às trazidas por Reyes-Sánchez (2012) que classificou como conceitos antropocêntricos do solo as concepções dos alunos de instituições escolares de Cuautitlán Izcalli no México, com o mesmo nível de escolaridade do presente trabalho. Para Muggler, Sobrinho e Machado (2006) “[...] os solos são o nosso chão, a base da nossa vida, o lugar onde caminhamos, onde plantamos e onde construímos nossas casas; enfim, o espaço de produção da nossa vida”.

Figura 44 - Termos que os alunos da rede municipal de ensino de Jaguaribe-CE relacionaram ao tema Meio Ambiente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45 - Conceito de solo dos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental da rede municipal de ensino de Jaguaribe-CE



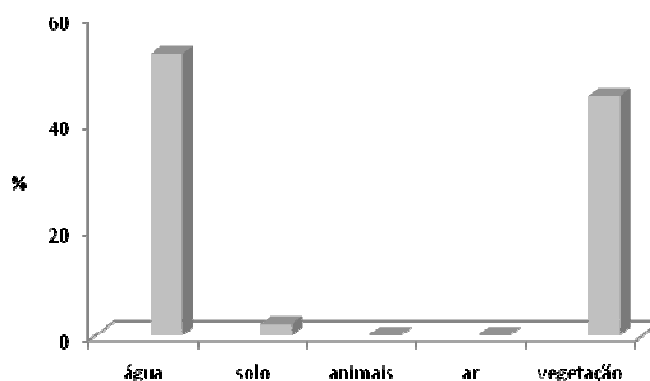
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa lógica, os alunos (com faixa etária de 12 anos) trazem uma ideia importante acerca desse recurso natural, necessitando de uma discussão mais ampla, de cunho científico nas escolas, no sentido de contemplar, de forma sistematizada, sobre a dinâmica do solo na paisagem e a importância desse elemento natural para manutenção da vida e ao desenvolvimento sustentável das nações (FAVARIM, 2012; REYES-SÁNCHEZ, 2012).

Sobre os elementos naturais que os alunos consideram os mais importantes para o ambiente e que devem ser preservados, 53% responderam a água e 45% à vegetação, enquanto que o solo ficou apenas com 2% das respostas (FIGURA 46). Isso é reflexo da fragmentação do ensino, de forma que os alunos não desenvolvem conhecimento sistêmico sobre os elementos naturais e suas inter-relações, deixando de compreender que os solos são essenciais para o desenvolvimento e manutenção da vegetação e exercem papel fundamental no ciclo hidrológico. Frasson e Werlang (2010) frisaram que o solo, como componente essencial do meio ambiente e, portanto, da vida, tem seu estudo pouco valorizado na educação básica perante outros elementos naturais como a água e o ar (MEGONIGAL *et al.*, 2010; YLI-HALLA, 2006).

Isso já tinha sido observado por outros autores, como Ruellan (1990) que destacou: “[...] de modo geral, se verifica que o conhecimento do solo, o reconhecimento e a compreensão das suas feições, da sua ‘anatomia’, da sua morfologia, do seu funcionamento, não fazem parte das culturas populares: em todos os países do mundo, cada um sabe, desde muito jovem, reconhecer, descrever, entender uma planta ou um animal, mas são raros aqueles que sabem fazer a mesma coisa com um solo”.

Figura 46 - Elementos naturais mais importantes na concepção dos alunos do 6º ano da rede municipal de ensino de Jaguaribe-CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Frossard (2006) e Lima (2005), se referindo ao ensino de solo na educação básica, já destacavam que, apesar da importância desse conteúdo, em distintos momentos ele não é abordado com a devida qualidade, de forma que o estudo do solo fica limitado a uma parcela de estudantes e professores de nível universitário. Todavia, uma solução para melhorar a qualidade ou mesmo suprir a ausência desse conteúdo na educação básica é repensar a forma e o tempo de planejamento das aulas. Nesse planejamento deve-se buscar novos métodos e técnicas de ensino, conforme alerta Kalra (2006) sobre a necessidade de desenvolver um forte mecanismo para promover o ensino da ciência do solo nas escolas.

Neste sentido, foi percebida claramente uma nova postura pedagógica nos planos de aulas apresentados pelos professores no encerramento do curso de capacitação. Isso indica que mudanças qualitativas poderão ocorrer quando o professor estiver bem preparado do ponto de vista do domínio do conteúdo e de práticas pedagógicas alternativas ao padrão tradicional de lecionar. A liberdade didática de (re)construir o conhecimento por meio das experiências vividas pelos educandos e a tranquilidade de aplicar uma metodologia que traz o livro didático como mais um recurso (que não deixa de ser importante), mas que passa a ser acessório diante de uma prática colaborativa de ensino e aprendizagem. Por conseguinte, as teorias e os métodos adotados por meio da concepção construtivista (VYGOTSKY, 1998) permitem essa (re)construção do conhecimento com a interação entre as experiências do educando e o meio ao qual ele está inserido.

A autoavaliação dos professores em relação a sua postura profissional e aos seus conhecimentos, antes, durante e depois da formação, foi um instrumento relevante nessa pesquisa, pois corroborou na compreensão das concepções teórico-conceitual dos docentes de forma menos subjetiva. Assim, diante de todas as dificuldades enfrentadas na rotina escolar e na vida desses professores, eles reconheceram as deficiências na formação acadêmica e mencionaram o surgimento de um novo olhar pedagógico em relação à Educação em Solos.

Utilizando a ideia de Van Baren, Muggler e Bridges (1998), promover a educação para o meio ambiente a partir de uma abordagem pedológica, é uma maneira de promover a conscientização ambiental de todos os atores envolvidos no processo. Assim, eles terão um conjunto de valores que os instrumentalize para perceber, analisar e avaliar os impactos das ações públicas e privadas, assim como o impacto de suas próprias ações sobre o solo e, portanto, sobre o ambiente.

4.4 Conclusão

As deficiências na formação docente, a utilização do livro didático como principal recurso pedagógico e a falta de capacitação continuada contribuem para não difusão da Educação em Solos no ensino básico, visto que não há interesse por parte dos professores sobre o tema, devido à falta de conhecimento teórico e de estratégias didáticas que estimulem o processo de ensino e aprendizagem.

A capacitação continuada surge como alternativa, visto que o curso contribuiu para uma nova postura dos professores, melhorando a autonomia do planejamento pedagógico e, a partir disso, esperam-se aulas mais dinâmicas e participativas, com a construção de uma consciência pedológica que poderá auxiliar na mitigação das ações humanas no processo de degradação dos solos e da desertificação, por meio da socialização do conhecimento e do envolvimento dos diversos atores sociais com as práticas conservacionistas.

Por fim, este trabalho mostrou que, por meio da Educação em Solo, é possível construir uma consciência ambiental e, a partir desse conhecimento, elaborar novas estratégias que permitam a convivência com o semiárido, respeitando o tempo e o espaço natural, atrelado ao desenvolvimento humano de forma sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O processo de desertificação, mesmo ocorrendo sob condições ambientais bem característicos, tais como baixos índices de precipitações pluviais e altas taxas de evapotranspiração potencial, tem no desmatamento um fator determinante para o desencadeamento dessa degradação.

A importância da vegetação da Caatinga, mesmo com suas peculiaridades fisionômicas e fisiológicas de adaptação das condições semiáridas, exerce papel fundamental para proteção dos solos das Áreas Susceptíveis a Desertificação e na manutenção das condições pedoambientais que favorecem a resiliência desses ambientes.

Para conservação desse bioma, genuinamente brasileiro, e para o desenvolvimento socioeconômico das regiões semiáridas, faz-se necessário a disseminação de conhecimentos técnico-científicos nas comunidades locais para que haja manejo sustentável dos recursos naturais disponíveis.

Dessa forma, integrar o conhecimento científico, produzido nas universidades e nos demais centros de pesquisas, com os inúmeros saberes da cultura popular local pode ser uma alternativa para equilibrar a relação homem-natureza, melhorando o convívio no semiárido.

A instituição escolar, por meio do ensino básico, poderá promover a interação entre a ciência do solo (Pedologia) e o conhecimento empírico (Etnopedologia), e assim, promover um novo paradigma de educação ambiental, com visão sistêmica de desenvolvimento, englobando aspectos naturais e sociais, com novas perspectivas para o futuro dessas comunidades inseridas no semiárido do Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, A. S. M.; PERUSI, M. C.; AL ZAHER, C.; PEREIRA, A. N.; COSTA, R. C.; COSTA, F. A.; BENTO, A. C.; SANTOS, W. S.; MORENO, L. T.; SPINELLI, J.; JÚNIOR, E. C. G. Educação Ambiental Inclusiva: a educação não formal em solos com grupos da terceira idade do município de Ourinhos-SP. **Revista Homem, Espaço e Tempo**. Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA, 2012.
- AB' SABER, A. N. Domínios morfo-climáticos e solos do Brasil. In: ALVARES, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa-MG, SBCS; UFV, DCS, 930p. 1996.
- AB' SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALLY, M. Foundations of educational theory for online learning. In T. Anderson (Ed.), **Theory and practice of online learning**. 2ed, p. 27-56. Edmonton, Canada: Athabasca University Press. 2008. Disponível em: <http://www.aupress.ca/index.php/books/120146>. Acesso em: 10 jan. 2015.
- ALMEIDA, B. G. **Avaliação do impacto do manejo com irrigação em Solos Brunos não cálcicos do estado de Sergipe**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, (Dissertação de Mestrado), 117p, 1995.
- ALMEIDA, C. L.; COSTA FALCÃO, C. L. O lúdico como instrumental facilitador da aprendizagem: uma abordagem ao estudo do solo no ensino de geografia. **Revista Homem, Espaço e Tempo**. Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA, 2012.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 290p, 2008.
- AMORIM, R. R.; MOREAU, A. M. S. S. Avaliação do conteúdo da ciência do solo em livros didáticos de geografia do ensino médio. **GEO-UERJ**, Número Especial, p.74-81, 2003.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**. v.4, p. 149-163, 1981.
- ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.). **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 295p, 2009.
- ARAÚJO, A. L.; ALVES, A. G. C.; ROMERO, R. E.; FERREIRA, T. O. Ethnopedology: an ethnosciences approach on relations between societies and soils. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p. 854-860, 2013.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B.; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. F. R.; PARAHYBA, R. B. V.; CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA NETO, M. B.; RODRIGUES E SILVA, F. B.; LEITE, A. P.; SANTOS, J. C. P.; SOUSA NETO,

N. C.; SILVA, A. B.; LUZ, L. R. Q. P.; LIMA, P. C.; REIS, R. M. G.; BARROS, A. H. C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 378p. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa, 11), 2000.

BENITES, V. M.; CAIFA, A. N.; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E.; KER, J. C. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 10, n.1, p. 76-85, 2003.

BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. R. G.; MENDONÇA, E. S.; MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob Campos de altitude no Parque Estadual de Serra do Brigadeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 661-674, 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9 ed. São Paulo: Ícone, 355p, 2014.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. *Caderno de Ciências da Terra*, n.13, p. 1-27, 1971.

BOHNEN, H.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J.(ed). **Fundamentos de química do solo**. 3ed, Porto Alegre: Evangraf, 285p, 2006.

BOCKHEIM, J. G.; HARTEMINK, A. E. Distribution and classification of soils with clay-enriched horizons in the USA. **Geoderma**, v. 209–210, p. 153–160, 2013.

BOUMA, J. The role of quantitative approaches in soil science when interacting with stakeholders. **Geoderma**. v.78, p. 1–12, 1997.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bookman, 2012. 716 p.

BRASIL/Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Terceiro e quarto ciclos. Brasília: MEC/ SEF, 1998.

BRASIL/Ministério de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Ceará**. Recife: SUDENE, (Boletim Técnico, 28), 1973.

BRASIL/Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 134p, 2007.

BRASIL/Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-Brasil**. Edição Comemorativa dos 10 anos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – CCD. Brasília: MMA, p. 15-55, 2004a.

BRASIL/Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 e sustentabilidade: Agenda 21, o semiárido e a luta contra a desertificação**. Caderno de debates, n. 6. Brasília: MMA, 2004b.

BRINKMAN, R. Ferrolysis, a hydromorphic soil-forming process. **Geoderma** v.3, p.199–206, 1970.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. **Handbook for soil thin section description**. United Kingdom, Waine Reserch, 152p,1985.

CANELLAS, L. P.; BERNER, P. G.; SILVA, S. G.; SILVA, M. B.; SANTOS, G. A. frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.133-143, 2000.

CARVALHO, C. **Desertificação já atinge uma área de 230 mil km² no Nordeste**. 2013. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/revista-amanha/desertificacao-ja-atinge-uma-area-de-230-mil-km-no-nordeste-8969806>. Acesso em: 20 out. 2013.

CASTELLANO, M. J.; VALONE, T. J. Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. **Journal of Arid Environments**, v. 71, p. 97-108, 2007.

CASTRO, S. S.; COOPER, M.; SANTOS, M. C.; VIDALTORRADO, P. Micromorfologia do solo: Bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.107-164, 2003.

CAVALCANTI, E. **Para compreender a desertificação: uma abordagem didática e integrada**. Recife: Governo do Estado de Pernambuco, 2003.

CAVALCANTI, E. R. Educação ambiental e educação contextualizada com base na convivência com o semiárido. In: LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.(Ed). **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 209P. 2011.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE**, Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos 372p, 2010.

CHAVES, I. B.; FREIRE, O.; AMORIM NETO, M. S. Características da precipitação e risco de erosão na região tropical semiárida brasileira. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.20, p.991-998, 1985.

CIRINO, F. O. **Sistematização participativa de cursos de capacitação em solos para professores da educação básica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa-MG, 2008.

COOPER, M.; BOSCHI, R. S.; SILVA, V. B.; SILVA, L. F. S. Software for micromorphometric characterization of soil poros obtained from 2-D imagem analysis. **Sci. Agric.** v.73, n.4, p.388-393, 2016.

- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Souza (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, n. 2, p. 311-324, 2003.
- CORREIA, K. G.; FILHO, R. N. A.; MENEZES, R. S. C.; SOUTO, J. S.; FERNANDES, P. D. Atividade microbiana e matéria orgânica leve em áreas de caatinga de diferentes estágios sucessionais no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 196-202, 2015.
- COSTA, C. F. G.; FIGUEREDO, R. O.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, I. P. O. Escoamento superficial em Latossolo Amarelo distrófico típico sob diferentes agroecossistemas no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.162-169, 2013.
- COSTA FALCÃO, C. L. Programa de Educação em Solos: conhecer, instrumentalizar e propagar. In: FALCÃO SOBRINHO, J.; LINS J. R.; RAIMUNDO, J. (Org.) **Extensionando: cultivando saber na escola e na comunidade**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2014.
- CREMEENS, D. L.; MOKMA, D. L. Argillic horizon expression and classification in the soils of two Michigan hydrosequences. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, p. 1002–1007, 1986.
- CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RIBEIRO, L. P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L. P. ; SANTOS, G. A, (Ed.) **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substância húmicas**. Campos dos Goytacazes: L. P., 309p. 2005.
- CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, v.31, p.27-36, 2001.
- CZAPSKI, S. **A implantação da Educação Ambiental no Brasil**. Coordenação de Educação Ambiental do Ministério da Educação e do Desporto/MEC. Brasília-DF, 166p. 1998.
- DAMIEN, J. F.; ANTHONY, J. K.; LORNA, E. J.; LYNN, K. A.; STEPHEN, R. C.; CAMERON, D. G.; ALEX, B. M.; NEAL, W. M.; ANTHONY, J. W. Soil Science teaching principles. **Geoderma**, v.167-168, p. 9–14, 2011.
- DAUD, A. M.; OMAR, J.; TURIMAN, P.; OSMAN, K. Creativity in science education. **Procedia Soc. Behav. Sci.** v.59, p.467–474, 2012.
- DIAS, A. M. I.; TEIXEIRA, F. R. DE G. (Org.). **Diretrizes Curriculares para o Ensino Fundamental do Sistema Público Municipal de Ensino de Fortaleza**. Fortaleza: Secretaria Municipal de Educação, 2011.
- DUCHAUFOR, P. **Pédologie: Pédogenèse et classification**. Masson, Paris, 491 pp, 1983.
- EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E. F. M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.157-165, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 230p, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. amp. Brasília: Embrapa, 353p, 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Técnicas de coleta e preparação de amostras para micromorfologia com otimização do processo de impregnação**. Planaltina- DF: Embrapa Cerrado, 20p, 2002.

EUA. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. **Keys to soil taxonomy**. 11.ed. Washington, 2010.

FALCONI, S. **Produção de Material Didático para o Ensino de Solos**. 2004. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

FAVARIM, L. C. **Representações Sociais de Solo e Educação Ambiental nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental em Pato Branco - PR**. 2012. 91 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

FEDOROFF, N. Clay illuviation in Red Mediterranean soils. **Catena**, v.28, p.171-189, 1997.

FERNANDEZ, L., M.; NUNEZ, M. M. An empirical approach to estimate soil erosion risk in Spain. **Science of the Total Environment**, v.409, p.3114-3123, 2011.

FERREIRA, J. A.; SIMÕES, M. L.; MILORE, D. M. B. P.; MARTIN-NETO, L.; HAYES, M. H. B. **Caracterização Espectroscópica da Matéria Orgânica do Solo**. Embrapa São Carlos, 2004. (Circular Técnica, 24)

FERREIRA, M. P. S. **Alterações de atributos de solos submetidos ao pousio em núcleo de desertificação**. 2015. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Agronomia: solos e nutrição de plantas, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

FINK, P. A.; HUTSON, J. L. Modelling soil genesis in calcareous loess. **Geoderma**, v.14, p. 462–479, 2008.

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos**. Tese de Doutorado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, 81f, 2009.

FRANCHINI, J. C.; GONZALES-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, v. 231, p.55-63, 2001.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWANA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2267-2276, 1999.

FRASSON, V. da R.; WERLANG, M. K. Ensino de solos na perspectiva da educação ambiental: contribuições da ciência geográfica. **Revista Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 94- 99, 2010.

FROSSARD, E. Some reflections on the future of soil science. In: HARTEMINK, A. E. (ed.), **The future of soil science**. IUSS, Wageningen, The Netherlands, p.56–58, 2006.

FULLEN, M. A.; BOOTH, C. A.; BRANDSMA, R. T. Long-term effects of grass ley set-aside on erosion rates and soil organic matter on sandy soils in east Shropshire, UK. **Soil & Tillage Research**, v.89, p.122-128, 2006.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na Microrregião do Médio Jaguaribe e parte das Microrregiões do Baixo Jaguaribe e Serra do Perreiro - CE**. Fortaleza, 63p, 2009.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos – Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza, 280p, 2012.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W.F.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 1283-1296, 2008.

GILL, J. K.; RENGEL, Z. Designing an on line lecture in the discipline of soil science. **In Design, develop, evaluate: The core of the learning environment**. Proceeding soft he 22nd Annual Teaching Learning Forum, 7-8 February 2013. Perth: Murdoch University. 2013. Disponível em: http://ctl.curtin.edu.au/professional_development/conferences/tlf/tlf2013/refereed/gill.html. Acesso em: 15 jan. 2015.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 5ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340p, 2010.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 5ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652p, 2006.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N.; LUSTOSA, J. P. G. Desertificação em áreas semiáridas do nordeste brasileiro: o caso do município de Jaguaribe, Ceará. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n.2, 2010.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; SILVA, T. O.; SILVA, T. L.; DIAS, N. S.; MATIAS, M. I. S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil Till Res**. v.26, p177-182, 2013.

GUNAL, H.; RANSOM, M. D. Clay illuviation and calcium carbonate accumulation along a precipitation gradient in Kansas. **Catena**, v.68, p.59–69, 2006.

HANSEN, N. S.; WARD, R.; KHOSLA, J.; FENWICK, B. M. What does under graduate enrollment in soil and crop sciences mean for the future of agronomy? **Agron. J.** v.99, p.1169–1174, 2007.

HARTEMINK, A. E.; BALKS, M. R.; CHEN, Z. S.; DROHAN, P.; FIELD, D. J.; KRASILNIKOV, P.; LOWE D. J.; RABENHORST, M.; REES, K. VAN.; SCHAD, P.; SCHIPPER, L. A.; SONNEVELD, M.; WALTER, C. The joy of teaching soil Science. **Geoderma**, v.217–218, p.1–9, 2014.

HAVLIN, J.; BALSTER, N.; CHAPMAN, S.; FERRIS, D.; THOMPSON, T.; SMITH, T. Trends in soil science education and employment. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.74, p.1429–1432, 2010.

HOPKINS, D. G.; FRANZEN, D. W. Argillic horizons in stratified drift: Luverne End Moraine, eastern North Dakota. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, p. 1790–1796, 2003.

HUANG, D.; WANG, K.; WU, W. L. Dynamics of soil physical and chemical properties and vegetation succession characteristics during grassland desertification under sheep grazing in an agro-pastoral transition zone in Northern China. **Journal of Arid Environments**, v. 70, p. 120–136, 2007.

HOU, J.; FU, B.; LIU, Y.; LU, N.; GAO, G.; ZHAOU, J. Ecological and hydrological response of farmlands abandoned for different lengths of time: Evidence from the Loess Hill Slope of China. **Global and Planetary Change**, v.113, p. 59–67, 2014.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 14 set. 2015.

INÁCIO, E. S. B.; CANTALICE, J. R. B.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R.; BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 355 – 360, 2007.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará**. 2013. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2013/index.htm>. Acesso em: 20 jun. 2014.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará**. 2015. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2015/index.htm> Acesso em: 26 mai. 2016.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE. **Perfil Básico Municipal Jaguaribe**. Fortaleza, CE. Secretaria de Planejamento e Gestão, 2014. Disponível em http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2014/Jaguaribe.pdf. Acesso em: 06 jun. 2015.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis; advanced course**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 895p, 1969.

JACOMINE, P. K. T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J.(Ed). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4. p.193-231, 2005.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola no semiárido brasileiro. In. ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, p.95-133, 1996.

JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Ceará**. Recife, Ministério da Agricultura/ Sudene, 2v, 1973.

JAMAGNE, M. **Contribution à l'étude pédologique des formations loessiques du Nord de la France**. 1973. Thèse de la faculté des sciences agronomiques de l'état (Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Agrônômicas), Gembloux, Belgique. 1973.

JESUS, O. S. F.; MENDONÇA, T.; ARAÚJO, I. C. L.; CANTELLI, K. B.; LIMA, M. R. O vídeo didático “conhecendo o solo” e a contribuição desse recurso audiovisual no processo de aprendizagem no ensino fundamental. **R. Bras. Ci. Solo**, v.37, p.548-553, 2013.

KALRA, Y. P. Some reflections on the future of soil science. In: HARTEMINK, A. E. (ed), **The future of soil science**. IUSS, Wageningen, The Netherlands, p.73–75, 2006.

KAMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (ed). **Pedologia; Fundamentos**. Viçosa, MG, SBCS, 343p, 2012.

KHORMALI, F.; ABTAHI, A.; MAHMOODI, S.; STOOPS, G. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. **Catena**, V.53, p.273–301, 2003.

KHORMALI, F.; GHERGHERECHI, S.; KEHL, M.; AYOUBI, S. Soil formation in loess-derived soils along a subhumid to humid climate gradient, Northeastern Iran. **Geoderma**, v.179–180, p.113–122, 2012.

KHADEMI, H.; MERMUT, A. R. Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. **Catena**, v.54, p.439–455, 2003.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 264p, 1979.

KIRILLOVA, N. P.; VODYANITSKII, Y. N.; SILEVA, T.M. Conversion of Soil Color Parameters from the Munsell System to the CIE₁ L*a*b* System. **Eurasian Soil Science**, v.48, n.5, p.468–475, 2015.

- KRULL, E. S.; BESTLAND, E. A.; OKJEMSTAD, J. O.; PARR, J. Geochemistry ($y^{13}C$, $y^{15}N$, ^{13}C NMR) and residence times (^{14}C and OSL) of soil organic matter from red-brown earths of South Australia: Implications for soil genesis. **Geoderma**, v.132, p.344–360, 2006.
- LAL, R. Crop residues as soil amendments and feedstock for bioethanol production. **Waste Management**, v.28, p.747–758, 2008.
- LEGROS, J. P. **Les Grands Sols du Monde**. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2007.
- LI, X. R.; JIA, X. H.; DONG, G. R. Influence of desertification on vegetation pattern variations in the cold semi-arid grasslands of Qinghai-Tibet Plateau, North-west China. **Journal of Arid Environments**, v64, p505-522, 2006.
- LI, Z.; BRISSETE, F.; CHEN, J. Assessing the applicability of six precipitation probability distribution models on the Loess Plateau of China. **Int. J. Climatol.** n.34, p.462–471, 2014.
- LIMA, M. R. O solo no ensino de ciências no nível fundamental. **Revista Ciência e Educação**, v.11, n.3, p. 383-394, 2005.
- LIMA, P. C.; CURI, N.; LEPSCH, I. F. Terminologia de micromorfologia do solo. **B. Inf. SBCS**, 10:33-43, 1985.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. “las sequias: um riesgo de desertificación para las tierras mediterráneas em el siglo XXI?” In: **Seminário: Desertificación y Cambio Climático**. Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Santander, Espanha, 1995.
- LOSS, A.; PERREIRA, M. G.; BERNINI, T.A.; ZATORRE, N. P.; WADT, P. G. S. Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura florestal e pastagem. **Com. Sci.**, Bom Jesus, v.5, n.1. p.01-10, 2014.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p.1-10, 2009.
- LUZ, L. R. Q. P.; SANTOS, M. C. D.; MERMUT, A. R. Pedogênese em uma topossequência do semiárido de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, p.95-102, 1992.
- MAFRA, A. L.; SILVA, E. F.; COOPER, M.; DEMATTÊ, J. L. I. Pedogênese em uma sequência de solos desenvolvidos de arenito na região de Piracicaba (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p.355-369, 2001.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. Fortaleza: Printcolor, 413p, 2012.
- MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1883-1890, 2010.

McCALLISTER, D. L.; LEE, D. J.; MASON, S. C. Student numbers in agronomy and plant science programs in the United States: Recent history, current status and possible courses of action. **NACTA J.** v.49, p. 24–29, 2005.

MEDINA, N. N.; SANTOS, E. C. S. **Educação ambiental: uma metodologia participativa de formação.** 5 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

MEGONIGAL, P. J.; STAUFFER, B.; STARRS, S.; PEKARIK, A.; DROHAN, P.; HAVLIN, J. “Dig It!”: How to exhibit better the life into soils education. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.74, p.706–716, 2010.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises.** Viçosa: UFV, 107 p, 2005.

MONTENEGRO, S.; RAGAB, R. Impacto of possible climate and land use changes in the semi arid regions: A case study from North Eastern Brazil. **Journal of Hydrology**, v.434-435, p.55-68, 2012.

MOORE, M.; KEARSLEY, G. **Educação à distância: Uma visão integrada.** São Paulo, Thomson Learning, 2007.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Característica do solo na restauração de área degradada na reserva biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.

MORAN, J. M. Desafios da televisão e do vídeo à escola. In: ALMEIDA, M. E. B.; MORAN, J. M. (org). **Integração das tecnologias na educação superior.** Brasília, MEC/SEED, p.96-100, 2005.

MOTA, F. O. B. Mineralogia de solos da região semiárida do estado do Ceará. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, (Tese de Doutorado), 145p, 1997.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no semiárido. In: **EMBRAPA. Potencialidades de água de chuva no semiárido brasileiro.** Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36534/1/OPB1515.pdf>. Acesso em 15 jun. 2016.

MUGGLER, C. C.; SOBRINHO, F. A. P.; MACHADO, A. V. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.4, p. 733-740, 2006.

NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação.** Goiânia: Editora UFG, 240p, 2013.

NETTLETON, W. D.; WITTY, J. E.; NELSON, R. E.; HAWLEY, J. W. Genesis of argillic horizons in soils of desert areas of the southwestern United States. **Soil Science Society of America Journal**, v.39, p.919–926, 1975.

NUNES, D. R. P. Teoria, pesquisa e prática em Educação: a formação do professor-pesquisador. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.34, n.1, p. 097-107, 2008.

- OADES, J. M. The retention of soil organic matter in soils. **Biogeochemistry**, v.5, p35-70, 1988.
- OLIVEIRA, J. B.; **Pedologia Aplicada**. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 587p, 2008.
- OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e Classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32. p.2407-2423, 2008.
- OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Micromorfologia e gênese de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido brasileiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.33. p.1333-1345, 2009.
- OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, p.378-386, 2006.
- ORLOV, D. S. **Humic substances of soils and general theory of humification**. Moscow: University Press, 323p. 1992.
- PACHÊCO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. A transdisciplinaridade da desertificação. Universidade Estadual de Londrina, **Revista Geografia**, v.15, n.1, p.5-34, 2006.
- PAGLIAI, M. Soil crusting. In: GHIRARDI, G. C. (org). **College on soil physics**. Trieste: ICTP, 24p, 2003 (Lecture Note).
- PAVINATO, P. S. **Dinâmica do fósforo no solo em função do manejo e da presença de resíduos em superfície**. 2007. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.
- PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1031-1040, 2009.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de Nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PEI, S.; FU, H.; WAN, C. Changes in soil properties and vegetation following exclosure and grazing in degraded Alxa desert steppe of Inner Mongolia, China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.124, p.33-39, 2008.
- PELIZZARI, A.; KRIEGL, M.L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v.2, n.1, p. 37-42, 2002.
- PEREIRA, J. A; NETO, J. F.; CIPRADI O.; DIAS, C. E. A. Conhecimento local, modernização e o uso e manejo do solo: um estudo de etnopedologia no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.2, p.140-148, 2006.
- PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Política Estadual de Controle da Desertificação**. Recife, 34p, 2000.

PERROUX, K. M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.52. p.1205-1215, 1988.

PHILLIPS, J. D. Development of texture contrast soils by a combination of bioturbation and translocation. **Catena**, v.70, p.92–104, 2007.

PONTUSCHKA, N. N. Parâmetros curriculares nacionais: tensão entre estado e escola. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. (orgs.). **Reformas no mundo da educação: parâmetros curriculares e geografia**. São Paulo: Contexto, p.15-18, 1999.

PORTO, A.; RAMOS, L.; GOULART, S. **Um olhar comprometido com o ensino de ciências**. Fapi, Belo Horizonte, MG, 2009.

PRADO, D. E. As caatingas da América do sul. In: Leal, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife-PE, Ed. Universitária da UFPE, 822 p. 2003.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. 2ed. New York: John Wiley and Sons, 494p., 1987.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 111p, 2000.

QUÉNARD, L.; SAMOUELIAN, A.; LARROCHA, B.; COMU, S. Lessivage as a major process of soil formation: A revisitation of existing data. **Geoderma**, v.167-168, p.135–147, 2011.

REICHERT, J. M. REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. S.; HORN, R. Mecânica do solo. **In: Física do Solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 298 p, 2010.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

REYES-SÁNCHEZ, L. B. Enseñanza de la ciencia del suelo: estrategia y garantía de futuro. **SJSS**. v2.n107, p.87-99, 2012.

ROSA, De la.; SOBRAL, R. Soil Quality and Methods for its Assessment. In BRAIMOH, A.K.; VLEK, P.L.G.(Ed), **Land Use and Soil Resources**. Business Media B.V., 2008.

ROSOLÉM, N. P.; ARCHELA, R. S. Geossistema, território e paisagem como método de análise geográfica. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema1/nathalia>. Acesso em: 15 out. 2015.

RUELLAN, A. **Descobrir o solo a partir do filme Terra para viver**. Publicado com o concurso de Assessoria Serviços e projetos de agricultura alternativa, Rio de Janeiro, R. 1990.

RUELLAN, A. In Discussionof: J. Bouma, the role ofquantitative approaches when interacting with stake holders. **Geoderma**, v.78, p.13–15, 1997.

- SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Desertificação no Semiárido brasileiro. In: **2a Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas - ICID+18**. Fortaleza - Ceará, 2010. Disponível em: <http://www.cecs.unimontes.br/index.php/pt/banco-de-dados/semi-arido-brasileiro/outros.html>. Acesso em: 20 out. 2012.
- SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 6ª ed. Campinas, 102p, 2013.
- SATO, M. **Educação ambiental**. São Carlos, Ri Ma, 66p, 2003.
- SCHÄFFER, N. O. O livro didático e o desempenho pedagógico: anotações de apoio à escolha do livro texto. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v.16, p.03-16, 1988.
- SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 5ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340p, 2010.
- SILVA, C. S.; COSTA FALCÃO, C. L.; SOBRINHO, J. F. O ensino do solo no livro didático de geografia. **Revista Homem, Espaço e Tempo**. Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA. ano.2, n1, 2008.
- SILVA, F. A. M.; GUERREIRO LOPES, F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Rev. Bras. De Agroecologia**. V.4, n.1, 2009.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, M. L. da. A dinâmica de expansão e retração de Cerrados e Caatingas no período Quaternário: uma análise segundo a perspectiva da teoria dos refúgios e redutos florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.1, p.057-073, 2011.
- SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.4, p.842-847, 2006.
- SILVESTRE, D. O.; LIMA, I. M. C. F.; MOREIRA, F. A. R. O trabalho de campo como prática pedagógica no ensino da Geografia. Universidade Federal da Paraíba. 2009. Disponível em: www.prac.ufpb.br/anais/.../trabalhos/.../4CCENDPGPRODOC01.doc. Acesso em: 15 fev. 2015.
- SIMONSON, R.W. Outline of a generalized theory of soil genesis. **Soil Science Society of American Proceeding**. v.23, p.152-156, 1959.
- SOARES, A. M. L.; LEITE, F. R. B.; LEMOS, J. J. S.; MARTINS, M. L. R.; MERA, R. D. M.; OLIVEIRA, V. P. V. Áreas degradadas susceptíveis ao processo de desertificação no Ceará. In:

GOMES, G. M.; SOUZA, H. R. & MAGALHÃES, A.R. **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**, IPEA, Brasília, 1995.

SOBRINHO, F. A. P. **Educação em Solos: construção conceitual e metodológica com docentes da educação básica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Instituto de Geografia. USP, São Paulo: Ed. Lunar, 1977.

SOUSA, A. R. **Caracterização e interpretação de Solos Brunos não cálcicos para uso agrícola, no Sertão do Pajeu do Estado de Pernambuco**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, (Dissertação de Mestrado), 77p, 1986.

SOUSA, F. P. **Degradação de solos por atividades agropastoris em áreas sob processo de desertificação: o caso de Irauçuba, Ceará**. 2009. 89 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2009.

SOUSA, F. P.; ROMERO, R. E; FERREIRA, T. O. Efeito do sobrepastejo e da exclusão de animais em solos sob processo de desertificação no semiárido cearense. In: OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. (Org.) **Monitoramento da desertificação em Irauçuba**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Instituto de geociências, Programa de pós-graduação em geografia, Porto Alegre, 198f, 2008.

SOUZA, C. R. G. **Quaternário do Brasil**. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1113-1122, 2003.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.33, p.129-136, 2009.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction**. 2.ed. New York: John Wiley, 443p, 1994.

STOKES, A.; SOTRI, R.; CHEN, W.; GHESTEM, M. Soil bio- and eco-engineering in China: past experience and future priorities. **Ecological Engineering**, v. 36, p. 247-257, 2010.

STOOPS, G. Multilingual translation of the terminology used in the “Handbook for soil thin section description”. In: DOUGLAS, L.A. (ed). **Soil micromorphology: A basic and applied science**. Amsterdam, Elsevier, p.705-716, 1990.

SU, C.; FU, B.; Evolution of ecosystem services in the Chinese Loess Plateau under climatic and land use changes. **R Global and Planetary Change**, v.101, p.119-128, 2013.

SU, Y. Z.; LI, Y. L.; CUI, J. Y.; ZHAO, W. Z. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, inner Mongolia, northern China. **Catena**, v. 59, p. 267-278, 2005.

SU, Y. Z.; ZHAO, H. L.; ZHANG, T. H.; ZHAO X. Y. Soil properties following cultivation and nongrazing of a semi-arid sandy grassland in northern China. **Soil Tillage Res**, v. 75, p. 27-36, 2004.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/site/extra.php?idioma=&cod=130>, Acesso em: 21 out. 2012.

SULLIVAN, L. A.; KOPPI, A. J. Submicromorphology of undulating lustrous-faced peds from some clayey soils. **Soil Sci.**, v.158, p.218-223, 1994.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M. E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. SSSA: American Society of Agronomy, (SSSA, Book Series, 5). Part 3. Chemical methods. p.1011-1020, 1996.

TARGULIAN, V. O.; KRASILNIKOV, P. V. Soil system and pedogenic processes: Self-organization, time scales, and environmental significance. **Catena**, v.71, p.373-38. 2007.

TEIT, R. **Soil Organic Matter Biological and Ecological Effects**. Nauka, Moskva, 395 p, 1991.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology. Publications in Climatology, v.7, n.1, 104p. 1955.

TOMA, R. S. **Efeito da aplicação de composto orgânico sobre o processo de encrustamento e a recuperação de solos degradados pela erosão hídrica**. 2008. 111p. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/Universidade do Estado de São Paulo - USP. Piracicaba, 2008.

TOMA, R. S. **Evolução do funcionamento físico-hídrico do solo em diferentes sistemas de manejo em áreas de agricultura familiar na região do Vale do Ribeira, SP**. 2012. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-25092012-105707/>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Solos e desertificação no sertão paraibano. **Cadernos do Logepa**, João Pessoa, v. 6, p. 101-114, 2011.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**, 247p, 1993.

UMIT, I.; MERAL, H. C.; SEVINIC, A.; SONAY, S. O.; SELAHATTIN, G. Examine preservice elementary school teachers' perceptions about soil science during community service learning. **Procedia Soc. Behav. Sci**, v.46, p.2068-2072, 2012.

URUSHADZE, T. F.; KVRIVISHVILI, T. O.; KAKHADZE, R. G. Field School in Soil Science: results and prospects. **Annals of Agrarian Science**, v.13, n.3, p.51-57, 2015.

VAN BAREN, H.; MUGGLER, C. C.; BRIDGES, E. M. Soil reference collections and expositions at district level: Environmental awareness and community development. **In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE**, 16. Montpellier, 1998. Abstracts. Montpellier, ISSS, 1998. CDROM

VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil formation**. 2nd edition. Kluwer academic publishers, Dordrecht, The Netherlands. 404p, 2002.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Estimativa do Balanço Hídrico**. Versão 5.0: Recife, 1990.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S.; COOPER, M. Pedogênese em uma sequência Latossolo-Podzólico na borda de um platô na Depressão periférica paulista. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.909-921, 1999.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos Solos Tropicais**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 464p, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **O desenvolvimento psicológico na infância**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtyareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, n. 15, p. 29-38, 1934.

WEST, L.T.; BEINROTH, F.H.; SUMMER, M. E.; KANG, B. T. Ultisols: characteristics and impacts on society. **Adv. Agron.**, v.63, p.179-236, 1998.

WINAGRASKI, E.; ABRÃO, S. F.; WOICIECHOWSKI, T.; BOBROWSKI, R.; REISSMANN, C. B. Distribuição espacial do pH, alumínio, cálcio e magnésio no solo em área de ajardinamento urbano em Curitiba, PR. 2012. In: Anais do 4º Congresso Florestal Paranaense. Malinovski Florestal, Paraná. Disponível em: http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Arquivos_HTML/4-Trabalhos-05.htm. Acesso em: 20 out. 2015.

WRB. **World Reference Base for soil resources: a framework for international classification, correlation and communication**. World soil resources reports 103. FAO, ISRIC, IUSS, Rome. 128 p, 2006.

YLI-HALLA, M. Some reflections on the future of soil science. In: HARTEMINK, A. E. (ed.). **The future of soils science**. IUSS, Wageningen, The Netherlands, p. 163–167, 2006.

ZHANG, B.; HE, C.; BURNHAM, M.; ZHANG, L. Evaluating the coupling effects of climate aridity and vegetation restoration on soil erosion over the Loess Plateau in China. **Science of the Total Environment**, v.539, p.436-449, 2016.

APÊNDICE A

DESCRIÇÃO GERAL DOS PONTOS DE COLETA

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS

RESULTADOS LABORATORIAS

PERFIL: PCV-01

NÚMERO DE CAMPO: (PW01)

DATA: 16/01/2015

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A Moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E ESTADO: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a direita a 1,5km da derivação. Jaguaribe - CE

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta em terço superior da área de estudo em relevo plano com 1% de declividade, COM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 215 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Laminar não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Mofumbo, Pereiro

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Barbosa, W. R; Oliveira, D. P.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 6 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/3, seco); franca muito cascalhenta; fraca pequena e muito pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara.
- BA 6 – 17 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido), bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); franca muito cascalhenta; moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajosa; transição ondulada e clara.

- Bt1 17 – 35 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, seco); argila muito cascalhenta, moderada pequena blocos subangulares e angulares, ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso, transição ondulada e abrupta.
- Bt2 35 – 56 cm; vermelho (10R 4/8, úmido), vermelho (2,5YR 4/8, seco), argila, forte pequena e média blocos angulares e subangulares, dura, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e clara.
- Bt3 56 – 71 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido), vermelho (2,5YR 5/8, seco), franco argilosa, forte pequena e média blocos angulares e subangulares, muito dura, firme, muito plástico e muito pegajoso, cerosidade forte e abundante; transição plana e clara.
- Cr 71 – 82 cm+.
- Raízes: Comuns muito finas e finas, raras médias horizonte A; comuns muito finas e finas e raras médias no horizonte BA; raras muito finas, finas e médias no horizonte Bt1; comuns finas, raras médias e muito finas nos horizontes Bt2 e Bt3; raras muito finas e finas no horizonte Cr.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil: PCV-01					Data: 16/01/2015					Nº de Campo: PW01						
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³		
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas			
A	0-6	16	568	416	173	322	357	148	64	57	2,41	1,36	2,16	-		
BA	6-17.	39	451	510	141	277	317	265	187	29	1,20	1,45	2,50	-		
Bt1	17-30	16	183	801	69	207	273	451	322	29	0,61	1,21	2,58	-		
Bt2	30-56	0	21	979	39	157	335	469	296	37	0,71	1,40	2,63	-		
Bt3	56-71	0	35	964	36	237	408	319	237	26	1,28	1,35	2,48	-		
Cr	71-82+	0	198	802	124	347	347	182	108	41	1,91	1,38	2,64	-		
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg								Valor V (sat. por bases) %		$\frac{100 \cdot Al^{3+}}{S + Al^{3+}}$ %		P assimilável mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T						
A	7,1	-	9,00	2,60	0,18	0,75	12,5	0,10	1,55	14,2	88	1	26			
BA	6,3	-	7,80	1,20	0,10	0,44	9,5	0,15	2,99	12,7	75	2	4			
Bt1	5,9	-	7,80	3,80	0,15	0,29	12,0	0,15	3,81	16,0	75	1	1			
Bt2	5,5	-	12,20	5,70	0,17	0,29	18,4	0,25	4,04	22,7	81	1	1			
Bt3	5,5	-	16,00	4,50	0,22	0,31	21,0	0,65	3,31	25,0	84	3	1			
Cr	5,7	-	17,70	4,30	0,23	0,31	22,5	0,55	2,42	25,5	88	2	2			
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg		
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃				
A	23,16	2,40	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BA	10,14	1,10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bt1	8,04	0,78	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bt2	4,02	0,37	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bt3	2,82	0,23	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cr	1,98	0,20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Horizonte	$\frac{100 \cdot Na^+}{T}$ %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg							Constantes hídricas g/100g					
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima l/m ²	Equivalente de Umidade
				0,01 MPa	0,033 MPa	1,5 MPa										
A	1	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,50	9,64	11,86	-	
BA	1	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,88	9,54	9,34	-	
Bt1	1	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,46	15,20	8,26	-	
Bt2	1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,91	19,32	12,59	-	
Bt3	1	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,88	16,46	12,42	-	
Cr	1	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,05	13,43	12,62	-	

PERFIL: PCV-02

NÚMERO DE CAMPO: (PW02)

DATA: 16/01/2015

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A fraco

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E ESTADO: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a direita a 1,5km da derivação. Jaguaribe - CE

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta em terço médio da área de estudo em relevo suave ondulado com 6% de declividade, COM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 208 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Laminar não aparente

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Mofumbo, Pereiro

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Barbosa, W. R; Oliveira, D. P.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 4 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); franco siltosa arenosa muito cascalhenta; forte, pequena e muito pequena blocos subangulares; dura friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição plana abrupta.
- BA 4 – 17 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, seco); franco argilosa, moderada, grande, que se desfazem em médios e pequenos, blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, muito plástico e muito pegajoso, cerosidade fraca e pouca, transição plana e clara.

- Bt1 17 – 40 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho claro (10R 7/6, seco); argila, moderada, grandes que se desfazem em médios, pequenos e muito pequenos, blocos subangulares, dura, friável, muito plástico e pegajoso, cerosidade fraca e pouca, transição plana e abrupta.
- Bt2 40 – 51 cm; vermelho (10R 4/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/6, seco); argila, moderada, médios, pequenos e muito pequenos, blocos subangulares, ligeiramente dura, muito friável, plástico e pegajoso, cerosidade fraca e comum; transição plana e clara.
- BC 51 – 70 cm+; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); franco argilo siltosa, moderada, muito pequenos, pequenos e médios, blocos subangulares; dura, muito friável, muito plástico e muito pegajoso, cerosidade fraca e comum.
- Raízes: Comuns médias e finas, muitas muito finas no horizonte BA; comuns muito finas e poucas grossas no horizonte Bt1; raras muito finas, poucas finas no horizonte Bt2; comuns finas, raras muito finas e médias nos horizontes Bt2; raras grossas, médias e finas no horizonte Bt3 e BC.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil: Pcv-02					Data: 16/01/2015					Nº de Campo: PW02					
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas		
A	0-4	121	661	218	21	262	510	207	78	62	2,46	1,21	2,36	-	
BA	4-17	15	324	660	157	241	284	318	212	33	0,89	1,42	2,52	-	
Bt1	17-40	34	86	880	35	222	286	457	312	32	0,63	1,24	2,66	-	
Bt2	40-51	0	109	891	43	122	329	506	256	49	0,65	1,18	2,42	-	
BC	51-70+	0	63	936	21	175	491	313	273	13	1,57	1,29	2,51	-	
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg							Valor V (sat. por bases) %		$\frac{100 \cdot Al^{3+}}{S + Al^{3+}}$ %	P assimilável mg/kg		
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T					
A	7,3	-	18,60	1,90	0,14	0,73	21,4	0,05	1,44	22,9	93	1	25		
BA	7,2	-	9,80	1,70	0,11	0,49	12,1	0,05	1,11	13,3	91	1	3		
Bt1	6,6	-	8,40	3,60	0,11	0,22	12,3	0,25	2,72	15,3	81	2	1		
Bt2	5,8	-	9,60	8,10	0,77	0,16	18,6	0,25	3,88	22,8	82	1	1		
BC	5,9	-	11,30	6,10	0,21	0,22	17,8	0,40	3,05	21,3	84	2	2		
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃			
A	30,84	3,10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BA	11,46	0,98	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bt1	6,36	0,60	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bt2	4,14	0,45	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BC	2,46	0,23	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Horizonte	$\frac{100 \cdot Na^+}{T}$ %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg							Constantes hídricas g/100g				
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻ / CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima	Equivalente de Umidade
											0,01 MPa	0,033 MPa	1,5 MPa		
A	1	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,27	17,12	10,15	-
BA	1	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,01	12,01	8,00	-
Bt1	1	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,89	16,06	8,83	-
Bt2	3	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,79	19,60	12,19	-
BC	1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,17	18,35	14,82	-

PERFIL: PCV-03

NÚMERO DE CAMPO: Perfil BRUM 3 (PB01)

DATA: 18/07/2014

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A Moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a esquerda a 1km da derivação. Jaguaribe - CE. UTM - 537650mE/9316050mN

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta no topo superior da área como 3% de declividade, COM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 259 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Laminar não aparente

DRENAGEM: Moderadamente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Pinhão Branco, Mandacarú, Mofumbo

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Perdigão, S. O, Lima, R. S. e Barbosa, W. R.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 5 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco); franco arenosa fraca, médios e pequenos, blocos angulares e subangulares, ligeiramente dura, friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- AB 5 – 20 cm; bruno (7,5YR 4/6, úmido), bruno forte (7,5YR 5/6, seco); franco arenosa, moderada, pequenos e médios, blocos subangulares e angulares, dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- BA 20 – 35 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); franco arenosa moderada, pequenos e médios, blocos subangulares e angulares, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana e clara.

Bt 35 – 56 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco); franco argilo arenosa, forte, pequenos e médios, blocos angulares e subangulares, muito dura, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e clara.

Cr 56 – 75 cm+.

Raízes: Poucas muito finas e finas, raras médias no horizonte A; poucas muito finas e finas e raras grossas no horizonte AB; raras muito finas, finas e grossas no horizonte BA; comuns muito finas e finas, raras grossas no horizonte Bt; raras muito finas e finas na camada Cr.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil: PCV-03					Data: 18/07/2014					Nº de Campo: Perfil BRUM 3					
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas		
A	0-5	26	303	671	239	434	238	89	46	48	2,67	1,56	2,66	-	
AB	5-20	0	70	930	192	424	270	114	57	50	2,36	1,56	2,65	-	
BA	20-35	0	66	934	169	416	273	142	76	46	1,92	1,55	2,66	-	
Bt	35-56	0	70	930	140	277	349	234	175	30	1,49	1,36	2,68	-	
Cr	56-75+	26,55	106	867	85	339	351	225	144	36	1,56	1,40	2,59	-	
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg								Valor V (sat. por bases) %		100.Al ³⁺ S + Al ³⁺ %	P assimilável mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T					
A	6,7	-	6,40	0,80	0,07	0,54	7,8	0,25	1,07	9,1	86	3	220		
AB	6,6	-	3,00	1,50	0,08	0,32	4,9	0,20	0,79	5,9	83	4	236		
BA	6,8	-	4,80	1,20	0,09	0,45	6,5	0,30	0,69	7,5	87	4	149		
Bt	6,8	-	7,00	3,00	0,09	0,93	11	0,15	1,17	12,3	89	1	72		
Cr	6,8	-	8,20	3,50	0,11	1,22	13	0,35	0,97	14,4	90	3	13		
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃			
A	14,52	1,48	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AB	3,72	0,34	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BA	2,16	0,23	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bt	2,10	0,20	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cr	1,74	0,16	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Horizonte	100.Na ⁺ T %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg							Constantes hídricas g/100g				
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima	Equivalente de Umidade
				CO ₃ ²⁻	0,01 MPa	0,033 MPa	1,5 MPa								
A	1	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,26	5,28	6,98	-
AB	1	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,71	4,93	4,78	-
BA	1	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,95	6,74	5,21	-
Bt	1	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,85	12,05	6,80	-
Cr	1	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,32	12,18	9,14	-

PERFIL: PCV-04

NÚMERO DE CAMPO: Perfil BRUM 2 (PB02)

DATA: 15/01/2015

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A Fraco

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a esquerda a 1km da derivação. Jaguaribe - CE. UTM - 537695mE/9316035mN

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta no terço médio da área de estudo em relevo ondulado com 5% de declividade, COM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 251 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Laminar não aparente

DRENAGEM: Moderadamente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Pinhão Branco, Mandacará, Mofumbo

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Perdigão, S. O e Barbosa, W.R.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 4 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido), bruno-forte (7,5YR 4/6, seco); areia franca fraca, pequenos e muito pequenas, blocos subangulares, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- BA 4 – 10 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); franco arenosa, forte, pequenos e muito pequenos, blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana clara.
- Bt1 10 – 20 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), vermelho (2,5YR 4/6, seco); franco argilo arenosa, forte, pequenos, blocos subangulares e angulares, dura, friável, plástico e pegajoso, cerosidade fraca e pouca; transição plana e clara.

- Bt2 20 – 30 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/6, seco); argilo siltosa, forte, médios, blocos subangulares e angulares, muito dura, friável, muito plástico e muito pegajoso, cerosidade moderada e comum, transição plana e clara.
- BC 30 – 39 cm; coloração variegada (cores avermelhadas, esverdeados e amareladas oriundas do material semialterado, argilo siltosa, moderada, pequeno e muito pequeno, blocos subangulares, muito dura, firme, plástico e pegajoso, cerosidade forte e comum, transição plana e clara.
- Cr 39 – 64 cm+; Rocha semi-intemperizada
- Raízes: Muitas muito finas e finas no horizonte A; comuns médias e finas e raras muito finas no horizonte AB; comuns médias e finas e raras muito finas no horizonte Bt1; poucas finas, raras médias e muito finas no horizonte Bt2; comuns finas e raras médias no horizonte BC.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil: PCV-04					Data: 21/01/2015					Nº de Campo:					
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas		
A	0-4	23	200	776	202	400	258	140	83	41	1,84	1,47	2,68	-	
BA	4-10	0	103	897	172	390	227	211	151	28	1,08	1,60	2,46	-	
Bt1	10-20	15	93	892	148	279	229	344	215	38	0,67	1,35	2,71	-	
Bt2	20-30	15	106	879	96	222	246	436	342	22	0,56	1,30	2,70	-	
BC	30-39	0	77	922	55	229	289	427	327	23	0,68	1,19	2,78	-	
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg								Valor V (sat. por bases) %		$\frac{100 \cdot \text{Al}^{3+}}{\text{S} + \text{Al}^{3+}}$ %	P assimilável mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T					
A	7,2	-	7,90	4,00	0,14	0,45	12,5	0,20	1,12	13,8	90	2	49		
BA	6,3	-	7,70	3,30	0,10	0,26	11,4	0,25	2,23	13,8	82	2	8		
Bt1	6,2	-	9,30	4,70	0,17	0,36	14,5	0,40	4,72	19,7	74	3	4		
Bt2	6,1	-	14,50	4,30	0,16	0,19	19,2	0,40	3,56	23,1	83	2	3		
BC	5,4	-	16,30	8,70	0,21	0,23	25,4	0,85	4,27	30,6	83	3	2		
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃			
A	12,12	1,25	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BA	5,70	0,63	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bt1	5,16	0,48	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bt2	4,56	0,41	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BC	3,42	0,37	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Horizonte	$\frac{100 \cdot \text{Na}^+}{\text{T}}$ %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg							Constantes hídricas g/100g				
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻ / CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima	Equivalente de Umidade
				0,01 MPa	0,033 Mpa	1,5 MPa									
A	1	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,76	6,36	8,40	-
BA	1	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,71	7,14	8,57	-
Bt1	1	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,06	11,37	9,69	-
Bt2	1	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,08	15,26	11,82	-
BC	1	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,74	18,53	12,21	-

PERFIL: PSV-01

NÚMERO DE CAMPO: (PW03)

DATA: 17/01/2015

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico A Fraco

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E ESTADO: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a direita a 1,5km da derivação. Jaguaribe - CE

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta em terço superior da área de estudo em relevo suave ondulado com 1% de declividade, SEM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 219 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Forte, muito forte e extremamente forte

DRENAGEM: Moderadamente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Pinhão Branco, Mandacarú, Mofumbo, Velame

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Barbosa, W. R; Oliveira, D. P.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- AB 0 – 3 cm; bruno muito escuro (7,5YR 2.5/3, úmido), bruno avermelhado (5YR 4/3, seco); franca muito cascalhenta, moderada, pequenos e muito pequeno, blocos subangulares, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e abrupta.
- Bt1 3 – 16 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2/3, úmido), bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); franco argilosa, moderada, pequenos e muito pequeno, blocos subangulares, dura, friável, plástico e pegajoso, cerosidade fraca e pouca, transição plana e clara.

- Bt2 16 – 37 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2/4, úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6, seco), franco argilosa, moderada, grandes que se desfazem em médios, blocos subangulares, ligeiramente dura, friável, muito plástico e pegajoso, cerosidade fraca e comum, transição plana e clara.
- Cr 37 – 55 cm+

PERFIL: PSV-02

NÚMERO DE CAMPO: (PW04)

DATA: 17/01/2015

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A fraco

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E ESTADO: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a direita a 1,5km da derivação. Jaguaribe - CE

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta em terço superior da área de estudo em relevo suave ondulado com 9% de declividade, SEM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 205 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Forte, muito forte e extremamente forte

DRENAGEM: Moderadamente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Pinhão Branco, Mandacará, Mofumbo, Velame

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Barbosa, W. R; Oliveira, D. P.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- | | |
|-----|---|
| A | 0 – 4 cm; bruno-avermelhado-escuro (10YR 4/6, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/8, seco); franca muito cascalhenta, fraca, pequenos e muito pequeno, blocos subangulares, ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana e abrupta. |
| Bt1 | 4 – 26 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); franco argilosa, forte, médios, blocos angulares e subangulares, ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara. |

Bt2 26 – 45 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido), bruno-avermelhado (5YR 5/4, seco); franco argilosa, forte, grandes que se desfazem em médios, blocos subangulares, ligeiramente dura, friável, muito plástico e pegajoso, cerosidade fraca e pouca, transição plana e clara.

Cr 45 – 70 cm+

Raízes: Comuns finas, poucas médias e raras muito finas no horizonte A; poucas finas e médias no horizonte Bt1; poucas finas e muito finas e raras médias no horizonte Bt2 e poucas finas e médias no Cr.

PERFIL: PSV-03

NÚMERO DE CAMPO: Perfil BRUM (PB03)

DATA: 10/05/2014.

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A Fraco.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a esquerda a 1km da derivação. Jaguaribe - CE. UTM - 0537604mE/9316250mN.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta em terço superior da área de estudo em relevo ondulado com 5% de declividade, SEM COBERTURA VEGETAL.

ALTITUDE: 177 m.

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Forte, muito forte e extremamente forte

DRENAGEM: Moderadamente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Pinhão Branco, Mandacará, Mofumbo, Velame.

USO ATUAL: Capoeira (Pousio).

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Perdigão, S. O e Barbosa, W.R.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- AB 0–11 cm, bruno-avermelhado (5 YR 4/3, úmida) e vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seca); areia franca; moderado pequena e média blocos subangulares e angulares; macia e friável não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- Bt1 11–23 cm, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmida) e bruno-avermelhado (5 YR 5/4, seca); franco-arenosa ; forte média blocos subangulares e angulares, ligeiramente dura e friável, ligeiramente plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- Bt2 23–30 cm, bruno-avermelhado (5 YR 4/3, úmida) e bruno-avermelhado (5 YR 4/4, seca); franco-arenosa; forte pequena e média blocos subangulares e angulares; dura e friável plástica e pegajosa.
- Cr 30-40 cm+

RAÍZES – Muitas finas e raras médias no horizonte AB; muitas finas poucas médias e raras grossas no horizonte Bt1; poucas finas e raras médias e grossas no horizonte Bt2.

OBSERVAÇÕES – Antigamente essa área foi utilizada como pecuária.

Horizonte A – Truncado.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil: PSV-03					Data: 10/05/2014					Nº de Campo: Perfil BRUM 1						
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³		
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas			
AB	0-11				358	365	212	65	25	62	3,26	1,63	2,61	-		
Bt1	11-23				283	315	227	175	66	62	1,29	1,57	2,61	-		
Bt2	23-30				319	242	213	226	81	64	0,94	1,57	2,58	-		
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg								Valor V (sat. por bases) %	100.Al ³⁺ S + Al ³⁺ %	P assimilável mg/kg			
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T						
AB	5,9	-	2,30	2,20	0,09	0,20	4,8	0,30	1,19	6,3	76	6	4			
Bt1	5,3	-	3,00	3,00	0,09	0,23	6,3	1,65	1,16	9,1	69	21	1			
Bt2	5,2	-	4,00	2,50	0,13	0,17	6,8	1,65	1,16	9,6	71	20	1			
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg		
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃				
AB	5,58	0,58	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bt1	3,84	0,42	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bt2	3,24	0,29	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Horizonte	100.Na ⁺ T %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg								Constantes hídras g/100g				
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻ CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima	Equivalente de Umidade	
				0,01 MPa	0,033 Mpa	1,5 MPa										
AB	1	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,14	3,89	8,25	-	
Bt1	1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,67	7,28	7,39	-	
Bt2	1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,91	8,77	7,14	-	

PERFIL: PSV-04

NÚMERO DE CAMPO: Perfil BRUM 4 (PB04)

DATA: 19/07/2014

CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Estrada que liga Jaguaribe a Icó à 35,0 Km de Jaguaribe, derivada a esquerda a 1km da derivação. Sítio BRUM, Jaguaribe - CE. UTM - 0537668mE/9316449mN

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira aberta em terço superior da elevação 3% de declividade, SEM COBERTURA VEGETAL

ALTITUDE: 201 m

LITOLOGIA: Gnaisses diversos e migmatitos do Embasamento Cristalino

PERÍODO: Pré-Cambriano

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa

ROCHOSIDADE: Não Rochosa

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: Moderada

DRENAGEM: Moderadamente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila, composta de: Caatingueira, Marmeleiro, Pinhão Branco, Mandacará, Mofumbo, Anjico, Peão Bravo

USO ATUAL: Capoeira (Pousio)

CLIMA: Clima semiárido ou clima tropical quente (BSw'h')

DESCRITO E COLETADO POR: Perdigão, S. O e Barbosa, W. R.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

BA 0–6 cm, bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmida) e bruno (7,5 YR 4/3, seca), areia franca, moderada pequena e média blocos angulares e subangulares, dura e friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e clara.

Bt 6–14 cm, bruno-avermelhado (5 YR 4/4, úmida) e vermelho-avermelhado (5 YR 5/6, seca), franco-arenosa, moderada muito pequena e pequena blocos angulares e subangulares, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Cr 14-30 cm+

RAÍZES – Comuns finas e raras médias e grosas no horizonte BA; poucas finas e raras grosas no horizonte Bt.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil: PSV-04					Data: 05/09/2012					Nº de Campo: Perfil BRUM 2					
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³	
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas		
BA	0-6	0	192	808	277	417	216	90	54	40	2,4	1,54	2,54	-	
Bt	6-14	0	311	689	347	297	203	153	113	26	1,32	1,53	2,85	-	
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg								Valor V (sat. por bases) %	$\frac{100 \cdot \text{Al}^{3+}}{\text{S} + \text{Al}^{3+}}$ %	P assimilável mg/kg		
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T					
BA	6,7	-	3,00	2,50	0,06	0,89	6,5	0,05	1,6	8,1	80	1	163		
Bt	6,5	-	4,10	2,40	0,15	1,60	8,3	0,10	1,39	9,7	86	1	91		
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃			
BA	7,98	0,85	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bt	4,86	0,46	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Horizonte	$\frac{100 \cdot \text{Na}^+}{\text{T}}$ %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg							Constantes hídricas g/100g				
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima	Equivalente de Umidade
				CO ₃ ²⁻	0,01 MPa	0,033 MPa	1,5 MPa								
BA	1	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,62	6,85	3,77	-
Bt	2	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,98	6,82	5,16	-

APÊNDICE B

RESULTADOS LABORATORIAS DAS AMOSTRAS EXTRAS

COLETADAS EM MINI-TRINCHEIRAS

MINI-TRINCHEIRA SEM VEGETAÇÃO (MSV-01)

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

MINI-TRINCHEIRA COM VEGETAÇÃO					Data: 14/08/2015						Nº de Campo: W1SC					
Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³		
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas			
A	0-4	20	197	783	299	434	200	67	34	49	2,98	1,70	2,69	-		
B	10-20	7	266	726	251	421	214	114	86	25	1,88	1,64	2,64	-		
Horizonte		pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _e /kg							Valor V (sat. por bases) %		$\frac{100 \cdot \text{Al}^{3+}}{\text{S} + \text{Al}^{3+}}$ %	P assimilável mg/kg		
		Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T					
A		4,5	-	0,50	0,50	0,06	0,21	1,3	1,10	1,21	3,6		36	46	8	
B		4,3	-	1,00	0,80	0,08	0,31	2,2	0,10	1,88	4,2		52	4	3	
Horizonte		C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg					Relações Moleculares			Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equivalente de CaCO ₃ g/kg		
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃			
A		4,14	0,39	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B		7,14	0,67	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Horizonte		$\frac{100 \cdot \text{Na}^+}{\text{T}}$ %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol _e /kg						Constantes hídricas g/100g					
			C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻ / CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Umidade			Água disponível máxima	Equivalente de Umidade
												0,01 MPa	0,033 MPa	1,5 MPa		
A		2	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,69	3,00	4,69	-
B		2	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,39	5,21	4,18	-

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO PARA PROFESSORES

Este questionário faz parte de uma atividade de pesquisa do curso de Doutorado em Agronomia/Solos - UFC. Para que a pesquisa tenha sucesso é preciso sua colaboração. Por essa razão, é importante que você responda às perguntas abaixo com muita atenção e sinceridade. Responda da maneira que você considera mais apropriada, sem se preocupar em acertar ou errar, pois não se trata de uma avaliação de conhecimentos.

1. Sexo:

Masculino Feminino

2. Faixa etária:

18 a 25 Anos

36 a 45 Anos

26 a 35 Anos

acima de 46 Anos

3. Função que exerce na escola:

Professor (a) de:

Ciências Geografia

Outras: _____

Tempo de serviço como professor: _____ anos

4. Formação

Magistério Graduação Especialização Mestrado Doutorado

Em: _____.

5. Cidade e Estado de origem: _____

Há quanto tempo mora neste município? _____

6. Durante sua formação acadêmica, como foram abordados os conteúdos referentes ao solo?

Disciplinas

Palestras

Cursos

Aula de Campo

Seminários

Outros _____

7. Já participou de capacitação/formação continuada em serviço, com ênfase na área ambiental?

SIM NÃO

Qual(is) _____

8. Relacione os conceitos abaixo com suas respectivas definições:

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| (1) Caatinga | (6) Recurso Natural |
| (2) Degradação Ambiental | (7) Seca |
| (3) Desertificação | (8) Semiárido |
| (4) Educação Ambiental | (9) Solo |
| (5) Meio Ambiente | |

() fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico e afetando negativamente os sistemas de produção dependente dos recursos da terra.

() fenômeno que ocorre a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas resultantes de fatores diversos, tais como as variações climáticas e as atividades humanas.

() vegetação que predomina no Nordeste do Brasil e está inserida no contexto do clima semiárido.

() processo de formação e informação, orientado para o desenvolvimento da consciência crítica sobre as questões ambientais e de atividades que levem a participação das comunidades na preservação do equilíbrio ambiental.

() processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

() conjunto de fatores exteriores que agem de forma permanente sobre os seres vivos, aos quais os organismos devem se adaptar e com os quais têm de interagir para sobreviver ou ainda, conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

() componentes do meio ambiente que garantem a sobrevivência das espécies vivas do planeta ou ainda, bens que são extraídos da natureza de forma direta ou indireta, e são transformados para a utilização na vida do ser humano.

() é uma área geográfica onde as chuvas são bastante irregulares e o solo é raso. Essas características acarretam longos períodos de seca, o que deixa a população sem água até para beber.

() elemento natural, tridimensional, formado pela interação dos fatores ambientais.

09. Ao fazer o planejamento pedagógico, quais materiais você tem à sua disposição para pesquisa/consulta?

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| () Livros didáticos | () PCN's |
| () Diretrizes do Estado do Ceará | () Internet |
| () Outros/Quais? | |

10. Qual(is) livro(s) didático(s) você está trabalhando neste ano?

11. Você acha suficiente e adequado o conteúdo abordado no livro didático sobre a temática “Solo” para suas aulas?

() SIM () NÃO

Por quê?

12. Quais os métodos e materiais abaixo você utiliza ou tem disponível para explorar com seus alunos o conteúdo solo?

- () Aula de campo
- () Vídeo-aulas
- () Internet
- () Maquetes
- () Mapas
- () Jogos

() outros_____.

13. Você acha esse tema (Solo)adequado para realizar atividades envolvendo a temática ambiental?

() SIM ()NÃO

Por quê?

14. Os alunos demonstram conhecimento prévio sobre o tema solo?

() SIM ()NÃO

Que tipo de conhecimento?

15. Se os alunos apresentam conhecimentos prévios sobre o solo, como você os utiliza em sala de aula? Cite um exemplo de sua prática educativa.

16. Como a disciplina que você leciona poderia contribuir para minimizar os impactos causados aos solos pelas ações humanas?

17. Na sua opinião, o processo de desertificação é consequência das condições ambientais ou socioeconômicas? Justifique.

18. Cite, pelo menos, duas consequências de caráter socioeconômico e dois impactos ambientais, causados pela degradação dos solos no semiárido.

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO PARA ALUNOS

Este questionário faz parte de uma atividade de pesquisa do curso de Doutorado em Agronomia/Solos - UFC. Para que a pesquisa tenha sucesso é preciso sua colaboração. Por essa razão, é importante que você responda às perguntas abaixo com muita atenção e sinceridade. Responda da maneira que você considera mais apropriada, sem se preocupar em acertar ou errar, pois não se trata de uma avaliação de conhecimentos.

1 – Sexo:

masculino feminino

2 – Idade:

10 anos 11 anos 12 anos acima de 12 anos

3 – Sua escola fica na:

Zona Urbana Zona Rural

4 – Entre os membros de sua família, alguém trabalha em atividades no campo?

Sim. O que faz? _____.

Não.

5 – Escreva duas palavras que você lembra quando falamos sobre Meio Ambiente.

_____ E _____.

6 – O que é “solo” para você?

_____.

7 – Você já estudou sobre solos na escola?

Sim

Não

Em Qual(is) Disciplina(s):

Matemática Ciências História Geografia

Língua Portuguesa Inglês Ensino Religioso

Outra: _____.

08 – Você sabe o que é Desertificação?

() Sim () Não

09 - Onde aprendeu sobre esse assunto?

() Escola () Família () Internet () Livros () Revistas

10 – Na sua opinião, quais os elementos abaixo são mais importantes para o meio ambiente e devem ser preservados?

() água () solo () animais () ar () vegetação () todos

Por quê?

11–Você gosta de aprender sobre temas relacionados com a natureza?

() Sim () Não

Por quê?
