



Universidade Federal de Sergipe
Campus do Sertão
Núcleo de Graduação de Agronomia



DOUGLAS SANTOS LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS E EFEITO DOS PROCESSOS
EROSIVOS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS APÓS
A SUPRESSÃO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/Sergipe

Setembro/2021

DOUGLAS SANTOS LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS E EFEITO DOS PROCESSOS
EROSIVOS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS APÓS
A SUPRESSÃO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Agrônoma da Universidade Federal
de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Lucas Resmini Sartor

Nossa Senhora da Glória/Sergipe

Setembro/2021

DOUGLAS SANTOS LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS E EFEITO DOS PROCESSOS EROSIVOS
NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS APÓS A SUPRESSÃO DA
CAATINGA**


Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 11/09/2021

Banca examinadora:

Lucas Resmini Sartor (orientador)
Doutor em ciências (solos e nutrição de plantas)
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Tiago Barreto Garcez
Doutor em ciências (solos e nutrição de plantas)
Universidade Federal de Sergipe - UFS


Hermano Melo Queiroz
Doutor em ciências (solos e nutrição de plantas)
Universidade de São Paulo – ESALQ/USP

Índice

1.	Introdução.....	6
2.	Materiais e métodos.....	7
2.1	Caracterização da área de estudo.....	7
2.2	Procedimentos de campo e classificação dos perfis de solo.....	8
2.3	Análises químicas e físicas.....	9
2.4	Análises estatísticas.....	10
3.	Resultados e discussão.....	10
3.1	Atributos morfológicos e classificação dos perfis de solo.....	10
3.2	Atributos químicos.....	13
3.3	Atributos físicos dos perfis.....	14
3.4	Processos de degradação.....	15
4.	Conclusões.....	17
5.	Referências bibliográficas.....	18

CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS E EFEITO DOS PROCESSOS EROSIVOS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS APÓS A SUPRESSÃO DA CAATINGA

Douglas Santos Lima¹, Lucas Resmini Sartor²

Resumo

A degradação de áreas florestais e os processos erosivos dos solos são observados em todo o território nacional. Estes processos são muito evidentes em áreas de caatinga devido às condições de clima semiárido e às atividades agropecuárias que se desenvolvem há algumas décadas na região, tornando os solos mais propensos à degradação. Neste sentido, objetivou-se estudar o efeito dos processos erosivos nos atributos químicos e físicos dos solos em áreas com supressão florestal. O estudo foi conduzido no município de Canindé de São Francisco – SE, abrangendo solos da classe dos Planossolos em áreas de caatinga em diferentes estágios de degradação: preservada (C), em transição (T) e degradada (D). Nestas últimas duas áreas (T e D) foram abertas trincheiras e realizadas a descrição morfológica e análises químicas e físicas dos horizontes para caracterização. Em cada área (C, T e D) foram coletadas sete amostras na profundidade de 0 – 10 cm para determinar a granulometria da fração areia, os teores de matéria orgânica, a densidade e a porosidade. Estas amostras foram submetidas à análise de variância (teste F; DIC), Tukey a 1 % e teste de correlação linear de Pearson, realizadas com auxílio dos softwares Sisvar e Microsoft Office Excel. Os solos estudados foram poucos desenvolvidos, com predomínio da textura arenosa em superfície e transição abrupta, com incremento de argilas nos horizontes Bt. A supressão da caatinga intensificou os processos erosivos, diminuindo a porosidade e aumentando a densidade dos solos das áreas mais degradadas.

Palavras-chave: Degradação ambiental; Compactação; Semiárido; Gradiente textural

¹Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe – Campus Sertão, Nossa Sra. da Glória, SE, Brasil douglassantoslimas@academico.ufs.br

² Professor adjunto, Universidade Federal de Sergipe – Campus Sertão, Nossa Sra. da Glória, SE, Brasil. lrsartor@academico.ufs.br

1. Introdução

Os processos erosivos, a compactação e a salinização correspondem a 85 % das causas de degradação dos solos em todo o planeta, além de ocasionar diversos outros problemas ambientais, econômicos e sociais (LIN et al., 2013). A erosão dos solos inicia, principalmente, com os impactos causados pela ação da chuva e do vento, ocasionando o desprendimento e o transporte de partículas para outros locais e até mesmo a compactação da camada superficial. As alterações nos ecossistemas com a intensificação das práticas agrícolas, como, por exemplo, a supressão da cobertura vegetal e o manejo inadequado dos solos, aceleram estes processos (SANTOS et al., 2017). O semiárido brasileiro é uma das regiões que mais sofrem com a forte degradação, havendo decréscimo de aproximadamente 26,86 % da cobertura florestal na região nas duas últimas décadas (SANTOS; NASCIMENTO; SILVA, 2020).

A remoção da vegetação é atribuída às atividades agropecuárias, uma vez que para formação de pastagens e de lavouras é necessário fazer a retirada da vegetação nativa, e isso torna estas áreas mais propensas à sofrerem perdas de solo por processos erosivos e terem uma menor taxa de infiltração de água, devido ao processo de compactação e por se tratar, muitas vezes, de solos rasos (AGUIAR et al., 2006). Com as mudanças climáticas, a ocorrência de períodos de secas tende a se prolongar e intensificar com o passar dos anos, aumentando à aridez desses ambientes (MARENGO; TORRES; ALVES, 2016), o que pode dificultar a aplicação de processos de conservação. A forte ocorrência dos processos erosivos está relacionada, também, com as condições topográficas do local, que, na maioria das vezes, é mais perceptível em áreas agricultáveis e declivosas, principalmente em solos arados e descobertos, quando comparados com áreas de florestas e pastagens que possuem cobertura vegetal (CERDAN et al., 2010).

Em regiões semiáridas, a maioria dos solos possuem baixo aporte de matéria orgânica e pouca cobertura vegetal. Nestas situações, a ação das chuvas e dos ventos intensos podem alterar a estrutura do solo, tornando as ligações entre as partículas dos solos mais fracas, e, conseqüentemente, promovendo o escoamento superficial da água e contribuindo para formação de erosão laminar, sulcos e voçorocas (VAEZI; AHMADI; CERDÀ, 2017). As perdas de solos afetam a fertilidade, reduzindo os teores de nutrientes, e, conseqüentemente, diminuindo a capacidade produtiva, gerando uma maior necessidade de fazer correções nos solos com o uso de fertilizantes minerais e/ou orgânicos (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010). A recuperação de áreas degradadas do semiárido pode, até mesmo, se tornar inviável, dependendo da intensidade da degradação, levando à “desertificação” da região afetada. Em Sergipe, as áreas de solos expostos abrangeram um total de 368,0 km² em 1992, passando para 712,0 km² em 2015 (FERNANDES et al., 2015). Embora esse crescimento tenha sido atribuído à ampliação das áreas

de pastagens, parte dessas terras foram abandonadas, o que explica essa tendência de crescimento de devastação, pois as atividades agropecuárias ocasionaram a necessidade de explorar novas áreas de caatinga com solos intactos (FERNANDES et al., 2015).

Apesar da existência de vários estudos sobre os processos erosivos e técnicas de controle de erosão no semiárido nordestino, as pesquisas envolvendo as alterações no solo no bioma caatinga ainda são escassas, pelo fato das condições naturais desse ecossistema dificultar a realização de atividades e a obtenção de resultados de forma mais rápida (SILVA et al., 2019). Dessa forma, objetivou-se classificar os solos e investigar comparativamente os efeitos causados pela supressão florestal em alguns atributos químicos e físicos do solo em áreas de caatinga em diferentes estágios de supressão florestal no semiárido de Sergipe. O estudo baseou-se em duas hipóteses: i) em planossolos, as partículas de areia finas são mais facilmente removidas em áreas com supressão de floresta do que em áreas com condições de vegetação preservada; e ii) a degradação e os processos erosivos aumentam a densidade, a compactação e reduz a porosidade dos solos.

2. Materiais e métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

O local onde o estudo foi conduzido fica localizado no Assentamento Mandacarú, município de Canindé de São Francisco, no alto sertão sergipano. O clima da região é semiárido (BSh de Köppen-Geiger), caracterizado como quente e seco, com temperaturas médias anuais que variam entre 26 a 29 °C, com baixa precipitação, concentrando os volumes de chuva em uma faixa entre 250 a 920 mm ano⁻¹ (ALVES, 2007). A região possui duas estações bem definidas, sendo a estação chuvosa durante os meses de maio a setembro, e a estação seca, que se estende por um período maior, entre os meses de outubro a abril (ALVES, 2007). A região é composta por vegetação de caatinga hiperxerófila, caracterizada pela ampla diversidade de espécies, formada por plantas arbóreas de baixo porte, herbáceas, cactáceas e arbustivas caducifólias (ARAÚJO FILHO; CRISPIM, 2002). A geologia da área de estudo é representada pelas formações Curituba e Tacaratú, com predominância de arenitos cinza-claros a brancos, róseos, finos a grossos, e conglomerados sustentados pela matriz de arenito argiloso. Parte da vegetação desta área foi removida e substituída por pastagens, atendendo às necessidades da ampliação das atividades agropecuárias (FERNANDES et al., 2015).

A área de estudo foi destinada à reserva legal do assentamento, havendo porções ainda preservadas e outras em diferentes estágios de degradação. Três áreas foram selecionadas para comparação a partir de imagens de drone e visitas *in loco* na área (figura 1), uma com caatinga preservada (C), uma visualmente em estágio intermediário de degradação ou de transição (T) e

uma com indicativos de degradação intensa (D). Os indicativos de degradação foram a densidade florestal vista por meio da imagem aérea e por vista a campo, a presença superficial de sedimentos arenosos provenientes da erosão e a existência de camada superficial compactada com base na estrutura do solo.

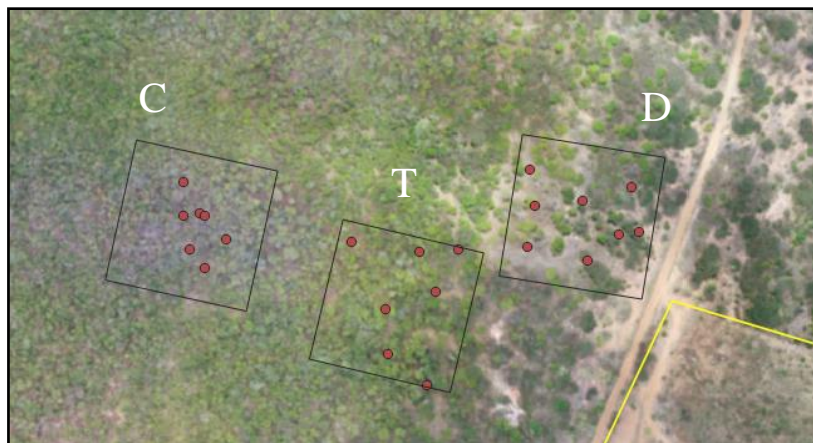
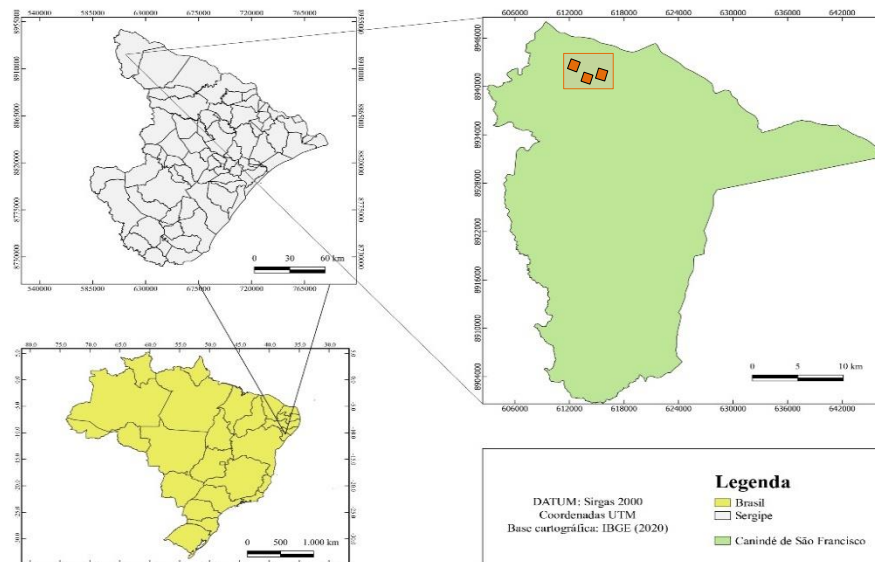


Figura 1. Localização da área de estudo. Os polígonos representam as áreas de coleta. C: área de caatinga preservada, T: área de caatinga em transição, D: área de caatinga degradada.

2.2 Procedimentos de campo e classificação dos perfis de solo

Inicialmente, foi realizado o reconhecimento pedológico em toda área de estudo. Para a caracterização do local, duas trincheiras foram abertas, uma na área de transição (T) e outra na área degradada (D) para o estudo dos perfis de solo e caracterização morfológica, química e física dos solos (SCHOENEGER et al., 2002). Os perfis estão situados em condições de relevo plano e em mesma cota altimétrica. As amostras foram coletadas em todos os horizontes de cada perfil de solo, secadas ao ar, peneiradas (2 mm) e armazenadas para análise. Com a descrição morfológica e as análises químicas e físicas de rotina, foram feitas as classificações dos solos

seguindo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Além disso, foram coletadas sete amostras de solo (0 – 10 cm de profundidade) em cada área (C, T e D) para realização de análises de densidade e de porosidade para investigar a influência da degradação nestes atributos físicos do solo.

2.3 Análises químicas e físicas

Para realização das análises físicas e químicas, foram realizados os procedimentos conforme a descrição do manual de métodos de análises do solo (EMBRAPA, 2017). As amostras foram secas ao ar, desterradas e peneiradas (malha de 2 mm). Após isso, foram utilizadas para realização da análise granulométrica para obtenção dos teores de argila, silte e das frações de areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina. Os valores de pH foram determinados em água. A acidez potencial (Al + H) foi obtida utilizando solução extratora de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado por titulação. Os cátions potássio e sódio foram extraídos com Mehlich-1 e determinados via espectrofotometria de chama. Para o cálcio, o magnésio e o alumínio trocável, realizaram-se as extrações com KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Ca, o Mg determinados por espectrometria de absorção atômica e o Al por titulação. A matéria orgânica foi extraída a partir da oxidação da matéria orgânica via úmida (WALKEY et al., 1934; YEOMANS e BREMNER, 1988).

Para obter os valores de densidade do solo, utilizou-se o método de proveta (EMBRAPA, 2017). Esse método consiste, resumidamente, em encher a proveta com aproximadamente 35 ml de solo, compactando-o manualmente, batendo 10 vezes (altura de queda de 10 cm) sobre a bancada, sendo esta coberta com uma borracha de cinco milímetros de espessura, anotando o volume e o peso, após ser pesada em uma balança, obtendo-se, então, o valor da densidade. Os valores de densidade foram obtidos por meio da equação abaixo:

$$Ds = \frac{mf}{V} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

Ds é a densidade do solo, em kg dm⁻³ (equivalente a g cm⁻³);

m é a massa da amostra do solo (TFSA), em g;

V é o volume do solo na proveta, em cm³;

f é o fator de correção de umidade da amostra de solo.

A densidade de partícula e a porosidade total foram obtidas com as mesmas amostras utilizadas para densidade do solo. A primeira foi realizada utilizando um picnômetro de gás hélio, com amostras secas em estufa a 105 °C. De posse dos dados das densidades do solo e de partícula, calculou-se a porosidade total, segundo a equação:

$$Pt = \frac{Dp - Ds}{Dp} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

Pt – porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$);

Dp – densidade de partículas sólidas (kg dm^{-3});

Ds – densidade do solo (kg dm^{-3}).

2.4 Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas, foram utilizados os dados das 21 amostras coletadas nos três polígonos, sendo sete repetições em cada área (C, T e D; figura 1), sendo submetidas à análise de variância e teste F, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC). As variáveis analisadas foram as frações de areia total, areia muito grossa (2 – 1 mm), areia grossa (1 – 0,5 mm), areia média (0,5 – 0,25 mm), areia fina (0,25 – 0,106 mm), areia muito fina (0,106 – 0,053 mm), densidade e porosidade. As variáveis que se mostraram significativas foram submetidas ao teste de Tukey para comparação das médias a nível de 1 % de significância, utilizando o programa Sisvar® (FERREIRA, 2011). Além disso, foram submetidas a análise de correlação linear, por meio do método de correlação de Pearson, utilizando o Microsoft Office Excel®.

3. Resultados e discussão

3.1. Atributos morfológicos e classificação dos perfis de solo

Os perfis de solo estudados apresentaram atributos morfológicos bastante semelhantes, tanto no solo da área de caatinga em transição (T), quanto na área de caatinga degradada (D). As características morfológicas estão descritas na tabela 1 e os perfis de solo podem ser vistos na figura 2.

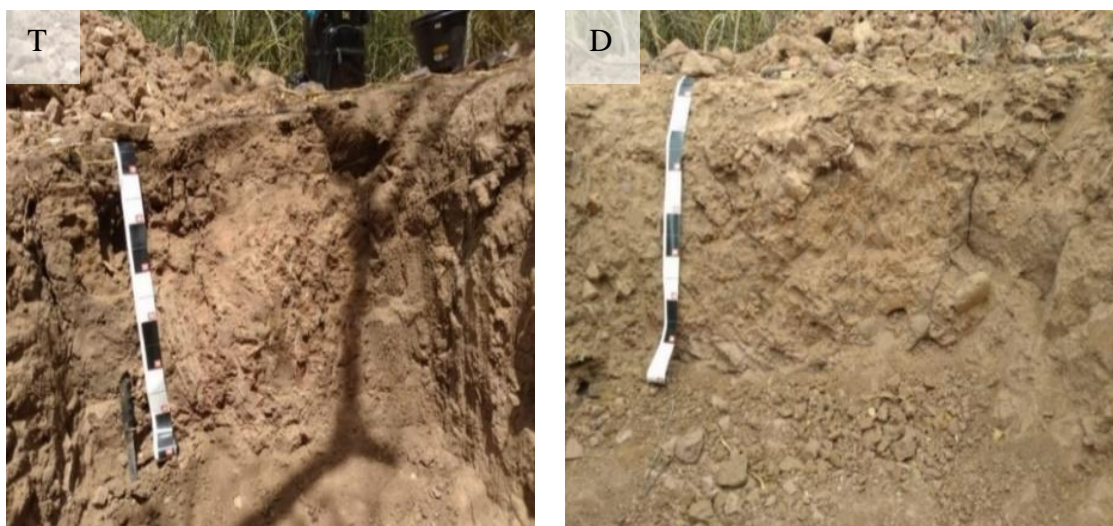


Figura 2. Perfis de solo estudados. T: caatinga em transição; D: caatinga degradada.

Os perfis, de maneira geral, foram considerados pouco profundos (< 100 cm) e formados por horizontes poucos espessos, sendo isso uma característica de solos pouco intemperizados, comumente encontrados em áreas de clima semiárido. O solo da caatinga em transição (T) foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico. O perfil apresentou horizonte superficial A (0 a 15 cm) pouco cascalhento e com a presença de raízes finas, médias e grossas. As cores observadas nesse horizonte foram amarelo-brunadas (10YR 3/3). A textura foi caracterizada como arenosa, com 660 g kg^{-1} de areia, notando-se uma mudança textural abrupta, em que o teor de argila passou de 110 g kg^{-1} em A para 217 g kg^{-1} de argila em Bt1. A estrutura encontrada em A foram grão simples, granular e laminar, sendo esta última indicativo da ocorrência de processos erosivos.

No horizonte Bt1 (15 a 55 cm) identificou-se poucas raízes finas e poucos cascalhos, possuindo uma textura média, com 378 g kg^{-1} de areia e 217 g kg^{-1} de argila. As cores observadas foram no matiz 10YR 4/3, com presença de mosqueados de cor 2,5YR 4/8. A estrutura foi forte, em diferentes tamanhos e formatos, de pequena à grande, maciça, prismática e em blocos, e uma consistência ligeiramente plástica e pegajosa, e extremamente dura. Estas estruturas ocorrem devido à capacidade de contração e expansão causadas pela existência de argilas de alta atividade encontradas em locais que possuem ciclos de secamento e umedecimento (CAPECHE, 2008).

Tabela 1. Atributos morfológicos dos solos.

Horizontes	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Mosqueado	Textura	Estrutura	Consistência	Transição
Área T - Planossolo Háptico Eutrófico (caatinga em transição)							
A	0 – 15	10YR 3/3	-	arenosa, pcas	gs, gran, la, fra, pe	mfr, lpl, lpe	abrupta
Bt1	15 – 55	10YR 4/3	2,5YR 4/8	média, pcas	ma, bl, pr, fo, pe, me, gr	ed; fr, lpl, peg	clara
Bt2	56 - 70+	7,5YR 4/3	10YR 6/4	argilosa, cas	ma, bl, fo, pe, me, gr	ef, ed, pl, peg	abrupta
Área D - Planossolo Háptico Eutrófico (caatinga degradada)							
A	0 – 10	10YR 3/3	-	arenosa, pcas	la, fra, pe, me	fr, ma, lpl, lpe	abrupta
Bt	10 – 55	2,5Y5/2 e 2,5YR 3/6*	7,5YR 4/6	média, cas	bl, pr, fo, pe, me, gr, mg	ef, mpl, mpeg	clara
BC	56 - 72+	-	-	média	ma, fo, me, gr	ed, ef	abrupta

Textura: pcas (pouco cascalhenta); cas (cascalhenta). **Estrutura:** pe (pequena); me (média); gr (grande); mg (muito grande); fra (fraca); fo (forte); gs (grãos simples); gran (granular); bl (blocos); la (laminar); ma (maciça); pr (prismática). **Consistência:** ma (macia); mfr (muito friável); fr (friável); ef (extremamente firme); ed (extremamente dura); lpl (ligeiramente plástica); pl (plástica); mpl (muito plástica); lpe (ligeiramente pegajosa); peg (pegajosa); mpeg (muito pegajosa); *cor variegada.

Tabela 2. Atributos químicos dos solos.

Horizontes	Prof. (cm)	pH	M.O. ¹	P	Si	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H+Al	Al ³⁺	SB ²	CTC ³	V ⁴
		H ₂ O	g kg ⁻¹	-- mg kg ⁻¹ --	-----mmol _c kg ⁻¹ -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Área T – Planossolo Háptico Eutrófico (caatinga em transição)														
A	0 – 15	5,54	26,2	7,9	11,5	5,29	68,6	16,4	2,44	33,8	0	92,7	126,5	73
Bt1	15 – 55	6,24	7,9	3,7	20,9	2,17	61,8	21,1	16,31	15,8	0	101,4	117,2	87
Bt2	56 – 70+	6,11	7,4	13,4	21,2	2,38	57,0	21,9	28,01	12,1	0	109,3	121,4	90
Área D - Planossolo Háptico Eutrófico (caatinga degradada)														
A	0 – 10	5,35	26,2	10,5	7,7	1,97	34,3	10,9	1,22	41,2	2,8	48,4	89,6	54
Bt	10 – 55	5,63	7,4	3,2	19,9	1,61	62,9	21,1	7,18	16,5	2,5	92,8	109,3	85
BC	56 – 72+	5,61	3,0	4,3	20,3	1,23	49,9	21,0	8,26	18,8	2,0	80,4	99,2	81

M.O.¹ matéria orgânica; soma de bases²; capacidade de troca de cátions³; saturação por bases⁴.

No horizonte Bt2 (56 a 70+ cm) observou-se a existência de poucas raízes finas, grossas e muito grossas, bem como a presença de textura argilosa, com 353 g kg⁻¹ de argila e presença de cascalhos. As cores analisadas neste horizonte foram no matiz 7,5YR 4/3 e com existência de mosqueados na cor 10YR 6/4. A estrutura foi grau forte, maciça e em blocos de diferentes tamanhos (pequenos, médios e grandes). A consistência analisada foi caracterizada como plástica e pegajosa, extremamente firme e extremamente dura. Nessas situações, os solos tornam-se muitos coesos e fortemente endurecidos, dificultando a penetração de água e raízes das plantas e, conseqüentemente, ocorrendo a compactação e a intensificação dos processos erosivos em superfície (SOUSA et al., 2013).

O solo da caatinga degradada (D) foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico. No horizonte superficial A (0 a 10 cm) observou-se a existência de raízes finas e médias. A textura também foi caracterizada como média, com teor de 123 g kg⁻¹ de argila e presença de cores no matiz 10YR 3/3. Assim como no outro perfil, percebeu-se a existência de uma mudança textural abrupta, com uma estrutura de grau fraco, do tipo laminar, de tamanho pequenos e médios. A consistência observada foi caracterizada como macia, friável, ligeiramente plástica e pegajosa.

No horizonte Bt (10 a 55 cm) foram identificadas poucas raízes muito finas. A textura avaliada nesse horizonte foi média, com 249 g kg⁻¹ de argila, presença de cascalhos e cor variegada (2,5YR 3/6 e 2,5YR 5/2) e mosqueados com coloração 7,5YR 4/6. Estas cores estão associadas ao processo de oxirredução envolvendo os íons Fe³⁺ e Fe²⁺, devido à oscilação do lençol freático e umedecimento pelas águas das chuvas, causando o acúmulo de água nesses horizontes e provocando os processos redox (FERREIRA, 2015) e até mesmo a ferrólise. Dessa forma, a presença dos horizontes B plânico causa diminuição na percolação de água ao longo dos perfis, levando aos processos de oxirredução e formação de mosqueados vistos em ambos os solos. A estrutura analisada em Bt foi dos tipos prismática, em blocos e maciça, forte, de tamanhos pequenos, médios, grandes e muito grandes. A consistência foi muito plástica e pegajosa, extremamente dura e firme.

No horizonte BC (56 a 72+ cm) percebeu-se aspectos mais similares com a rocha originária, possuindo textura média, com 329 g kg⁻¹ de argila, uma estrutura maciça e fortemente desenvolvida, de tamanho médios a grandes, consistência extremamente dura quando seca e firme quando umedecida.

3.2. Atributos químicos

Os parâmetros químicos dos perfis de solo avaliados podem ser vistos na tabela 2. Tanto em T quanto em D, os valores de pH foram baixos. Os teores de matéria orgânica foram mais elevados

nos horizontes A de ambos os perfis, concordando com os valores mais baixos de pH nos horizontes A.

Os valores de Ca^{2+} variaram entre 68,6 e 34,6 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$, e o Mg^{2+} entre 16,4 e 21,9 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$, sendo que estes, em todos os perfis, apareceram em quantidades bem superiores aos demais cátions trocáveis. Isto está relacionado a existência de minerais primários existentes nas formações geológicas da área, as quais, apesar do predomínio de arenitos, possuem feldspatos, micas e carbonatos como minerais subordinados. Os teores de Na^+ foram baixos nos horizontes A de ambos os perfis, tendo uma expressiva quantidade nos horizontes Bt1 e Bt2 (T). Esta é uma característica de Planossolo, em que a alta solubilidade do Na^+ ocasiona à dispersão da argila em superfície, levando à argiluviação e preenchendo parte dos poros em subsuperfície (horizonte plânico) (GALINDO et al., 2008). Isso é um dos fatores responsáveis pelos maiores teores de Mg^{2+} , Ca^{2+} e Na^+ em subsuperfície, devido aos processos de adsorção. Apesar de o Bt2 possuir elevada saturação por sódio (23 %), os demais critérios não esquadram este perfil como Planossolo Nátrico.

A saturação por bases (V %) foi superior a 50 % em todos os solos, que o caracterizaram como solos de caráter eutrófico. As concentrações de Si aumentaram em profundidade, devendo-se, possivelmente, à liberação de ácido silício promovido pelas reações de oxirredução. Parte do ácido silícico, ao ser liberado pelo intemperismo, pode ser adsorvido aos óxidos de ferro, sendo liberados durante o processo de redução (SARTOR et al., 2019). Além disso, o processo de ferrólise deve contribuir para a dissolução de parte das estruturas minerais, liberando ácido silícico para solução (SCHAETZL e ANDERSON, 2005).

A ausência ou baixa concentração de alumínio trocável (Al^{3+}) nos perfis estão de acordo com os elevados valores de saturação por bases (> 50 %). No entanto, a acidez potencial (H+Al) apareceu em todos os solos, com teores entre 41,2 e 12,1 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$, sendo mais elevado em superfície e tendo uma significativa redução nos horizontes mais profundos, devido aos valores mais elevados de matéria orgânica em superfície.

3.3. Atributos físicos dos perfis

Os dados de granulometria dos perfis de solos (T e D) podem ser observados nas figuras 3. Os dados mostraram pouca variabilidade entre os solos. A textura arenosa foi predominante nos horizontes A de T e D (> 550 g kg^{-1}), sendo isso uma condição resultante dos processos de argiluviação e, possivelmente, de ferrólise, característicos de Planossolos (PARAHYBA et al., 2010). O silte, embora tenha sido observado em quantidades menores do que as concentrações de areia, apareceu de forma significativa em todos os horizontes dos solos, tanto em T quanto em D, variando entre 124 e 405 g kg^{-1} .

As concentrações de argila tiveram aumento gradual em profundidade, sendo mais expressivos nos horizontes Bt2 (T), com 353 g kg⁻¹ de argila, e em BC (D) com 329 g kg⁻¹. O aumento da argila em profundidade deve-se ao processo de argiluviação, processo pedogenético que é favorecido em locais com déficit hídrico em alguma parte do ano, pois favorece a dispersão e iluviação de material mais fino, principalmente em solos com elevado teor de Na⁺ (SCHAETZL e ANDERSON, 2005).

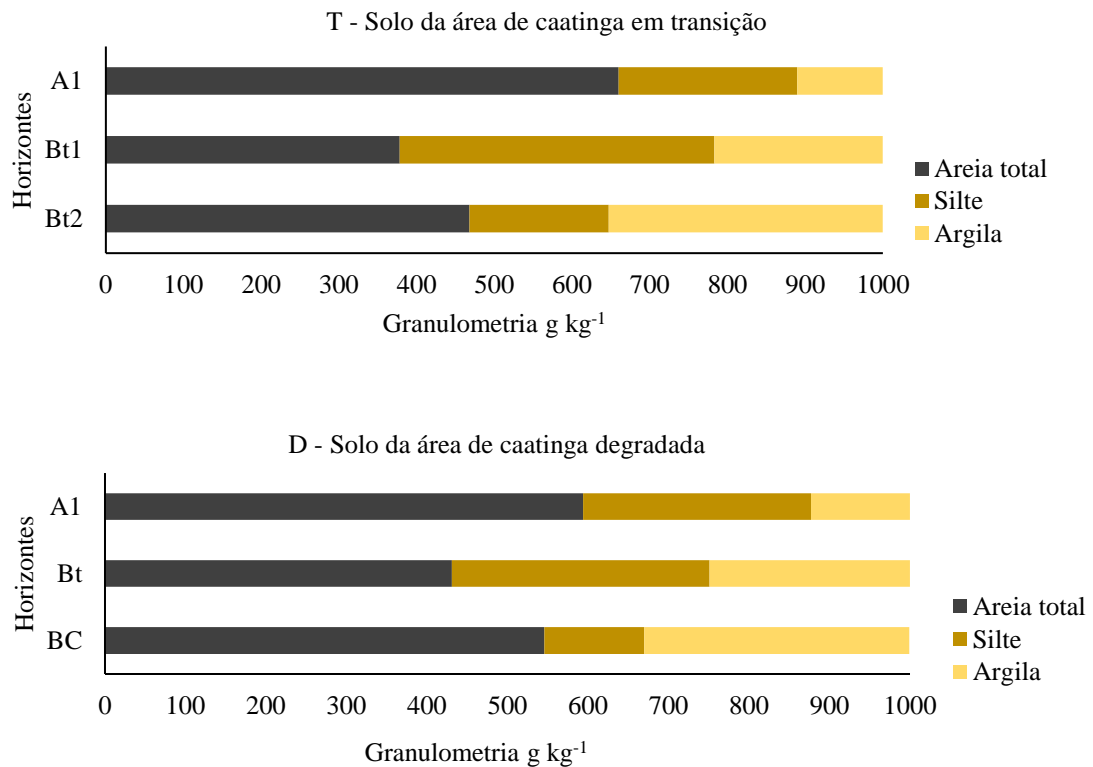


Figura 3: Granulometria dos perfis de solos das áreas de caatinga.

3.4. Processos de degradação

Analisando a tabela 3, percebeu-se que as frações de areia total (AT), areia muito grossa (AMG), areia média (AM) e areia fina (AF) não tiveram diferenças estatísticas em nenhuma das áreas estudadas. No entanto, as frações de areia grossa (AG), areia muito fina (AMF), densidade (dens.) e porosidade (poro.) foram estatisticamente diferentes a 1 % de significância.

Na tabela 4 encontram-se os dados de granulometria das amostras de areias em superfície (0 a 10 cm), coletadas nas áreas C, T e D. As frações arenosas mais grossas predominaram na superfície do solo da área C. As concentrações das frações de AT, AMG, AG e AM encontradas em C foram maiores do que as dos solos das áreas T e D. No entanto, os sedimentos arenosos mais finos foram mais expressivos em T e D. Estatisticamente, as médias das variáveis de areia

grossa (AG), densidade do solo (dens.) e porosidade (poro) foram diferentes entre o solo da área C e os demais das áreas T e D.

Tabela 3. Análises de variância resumidas da densidade, porosidade e de frações arenosas dos solos (0 – 10 cm) das áreas de caatinga preservada (C), em transição (T) e degradada (D).

FV	GL	Q.M.						Dens. g cm ⁻³	Poros. m ³ m ⁻³
		AT	AMG	AG	AM	AF	AMF		
Trat.	2	27639,6 ^{ns}	216 ^{ns}	8383,1 ^{**}	1877,3 ^{ns}	5277,9 ^{ns}	8296,3 ^{**}	0,11 ^{**}	0,013 ^{**}
CV (%)		20,57	33,17	17,58	31,77	35,45	30,12	6,21	7,84

ns = não significativo; ** significativos a 1 %, respectivamente; FV = Fonte de variação; Q.M. = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação; GL= grau de liberdade.

Os maiores valores de AG devem-se, principalmente, à localização dos perfis, pois a área C apresenta solos mais rasos (Neossolos Litólicos) e com afloramentos de rocha próximos da área, apresentando, portanto, intemperismo e pedogênese mais incipientes. O menor valor de densidade e maior porosidade na área C deve-se às melhores condições desenvolvidas em ambientes de floresta nativa, pois a elevada densidade de raízes da vegetação, juntamente com a atividade biológica e os maiores teores de matéria orgânica, favorecem a formação de bioporos e a agregação do solo (SILVA et al., 2017).

A morfologia dos solos corrobora esta afirmação, pois foram vistas estruturas laminares em superfície nas áreas T e D, decorrente do processo de compactação promovido pelos impactos das gotas de chuvas. Apesar disso, esta diferença provavelmente não se deve somente à presença de vegetação, já que as granulometrias dos solos e os processos pedogenéticos são diferentes. Nestas áreas em que os solos são mais degradados, a pouca profundidade dos horizontes superficiais, o baixo aporte de biomassa vegetal e os acúmulos de Na⁺ em profundidade tendem a deixar os solos ainda mais compactados (FERREIRA et al., 2016).

Tabela 4. Teste de Tukey referente as médias das frações granulométricas areia grossa e areia muito fina, densidade e porosidade dos solos em áreas de caatinga preservada (C), transição (T) e degradada (D).

Área	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Dens. g cm ⁻³	Poros. m ³ m ⁻³
C	712,5 a	18,8 a	90,57 a	260,0 a	263,1 a	77,14 a	1,27 a	0,51 a
T	587,4 a	8,7 a	33,86 b	207,4 a	300,8 a	107,71 ab	1,49 b	0,43 b
D	660,0 a	9,8 a	27,86 b	156,4 a	247,4 a	145,86 b	1,48 b	0,43 b

Médias seguidas com letras minúsculas diferentes entre colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a (p ≤ 1 %).

Os resultados da tabela 5 mostram uma elevada correlação linear negativa de AMG com a densidade (r = -0,74) e linear positiva com a porosidade (r = 0,72). Esses resultados indicam que a fração de AMG, juntamente com a AG (correlação de -59 e 58, respectivamente), tiveram uma interferência maior da densidade e da porosidade dos solos, já que estas frações, quando aliadas à

maior presença de matéria orgânica, como foi observada na área C (56,5 g kg⁻¹), favorecem maior agregação e formação de macroporos nestes solos (SILVA et al., 2017). A retirada da vegetação torna os solos mais vulneráveis a degradação, uma vez que a matéria orgânica consiste em um dos principais agentes responsáveis pela estruturação e resistência do solo à erosão (PARENTE; PARENTE, 2010).

A predominância das frações de AMF e AF nestes solos pode ser consequência da degradação mais intensa e da deposição de sedimentos arenosos transportados de outros locais, embora os três solos estiverem inseridos em áreas de relevo plano e em cotas altimétricas semelhantes. No entanto, solos de áreas poucas declivosas quando são submetidos à remoção da vegetação, o fluxo de água em superfície e até mesmo as perdas de solo tendem a ser menores do que em solos de áreas mais declivosas (CANTALICE et al., 2016).

Tabela 5. Matriz de correlação entre as cinco frações arenosas e teores médios de matéria orgânica (0 a 10 cm) analisadas nas áreas de caatinga: C, T e D.

	AMG	AG	AM	AF	AMF	Dens.	Poros.	M. O.
AMG	1,00	0,46	0,08	-0,33	-0,31	-0,74	0,72	56,5 ^C
AG		1,00	0,61	-0,03	-0,58	-0,59	0,58	32,6 ^I
AM			1,00	0,73	-0,86	0,01	-0,06	25,4 ^D
AF				1,00	-0,58	0,51	-0,54	
AMF					1,00	0,25	-0,21	
Dens.						1,00	-0,99	
Poros.							1,00	

AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina; M.O.: teores médios de matéria orgânica; Dens.: densidade do solo; Poros.: porosidade total. ^Cárea preservada; ^Iárea de transição; ^Dárea gradada.

Nessas áreas, as mudanças da cobertura vegetal e a exploração dos solos tornaram os ambientes mais degradados, fato que pode ser constatado pela existência de características como a formação de crostas em superfície, o aumento da densidade e a diminuição da porosidade dos solos. Portanto, as alterações das propriedades físico-hídricas nos solos ocasionam a compactação, diminuindo a taxa de infiltração e aumentando os processos erosivos na superfície dos solos.

4. Conclusões

- A presença de vegetação influenciou positivamente na conservação dos solos das áreas estudadas, fato que foi constatado pela maior concentração de matéria orgânica, menor densidade e maior porosidade na área de caatinga mais preservada;
- Em áreas de Planossolos, a retirada da vegetação de caatinga e, conseqüentemente, a mudança textural abrupta, o incremento de argila em Bt levam o aumento da compactação e da densidade, diminuindo a porosidade total, e conseqüentemente, tornando os horizontes superficiais mais suscetíveis a erosão.

5. Referências bibliográficas

AGUIAR, M.I., MAIA, S.M.F., OLIVEIRA, T.S., MENDONÇA, E.S., FILHO, J.A.A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, p.270-278, 2006.

ALVES J.J.A. Geocologia da Caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. *Climatologia e Estudos da Paisagem*. 2(1): 58-71, 2007.

ARAÚJO FILHO, J.A., CRISPIM, S.M.A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. **I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte**, 2002.

CANTALICE, J.R.B., SILVEIRA, F.P.M., SINGH, V.P., SILVA, Y.J.A.B., CAVALCANTE, D.M., SANTOS, C.G. Interrill erosion and roughness parameters of vegetation in rangelands. *Catena*, Cremlingen, v. 16, p.1-7, 2016.

CAPECHE, C.L. Noções sobre tipos de estruturas do solo e sua importância para o manejo conservacionista. **Comunicado técnico 51 – EMBRAPA**, p. 1-6, 2008.

CERDAN, O., GOVERS, G., BISSONNAIS, Y.L., OOST, K.V., POESEN, J., SABY, N., GOBIN A., VACCA, A., QUINTON, J., AUERSWALD, K., KLIK, A., KWAAD, F.J.P.M., RACLOT, D., IONITA, I., REJMAN, J., ROUSSEVA, S., MUXART, T., ROXO, M.J., DOSTAL, T. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. **Geomorphology**, 122 (1-2), 167–177, 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília, 574 p. 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5º ed. Brasília, 356p. 2018.

FERNANDES, M.R.M., MATRICARDI, E.A.T., ALMEIDA, A.Q., FERNANDES, M.M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, 22(4):472-482, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, J.T.P. Desenvolvimento de planossolos em distintas geoambientais e o efeito do pousio em áreas sob processo de desertificação. 126 f. Tese (doutorado). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Solos, Fortaleza, Ceará, 2015.

FERREIRA, J.T.P., FILHO, R.R., RIBEIRO, M.R. JÚNIOR, S.S., BITTAR, S.M.B., SANTOS, R.G. Planosols Developed in Different Geoenvironmental Conditions in Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40 (0). 2016.

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 Ciência do Solo**, v. 32, p. 1283-1296, 2008.

- LIN, C., ZHOU, S., WU, S. Using hyperspectral reflectance to detect different soil erosion status in the Subtropical Hilly Region of Southern China: a case study of Changting, Fujian Province. **Environ Earth Sci**, 70, 1661–1670, 2013.
- MARENGO, J.A., TORRES, R.R., ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v.129, p.1189–1200, 2016.
- PARAHYBA, R.B.V., SANTOS, M.C., ROLIM-NETO, F.C., JACOMINE, P.K.T. Pedogênese de planossolos em topossequência do agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1991-2000, 2010.
- PARENTE1, H.N., PARENTE2, M.O.M. Impacto do pastejo no ecossistema caatinga. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 13, n. 2, p. 115-120, jul./dez. 2010.
- SANTOS, C.A.G., NASCIMENTO, T.V.M., SILVA, R.M. Análise das mudanças e tendências da cobertura florestal no semiárido brasileiro entre 2000 e 2018. **Environ Earth Sci**, 79, Pag. 418, 2020.
- SANTOS, G.G., GRIEBELER, N.P., OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.2, p.115–123, 2010.
- SANTOS, R.S., LIRA, D.R., SANTOS, C.A., PINTO, J.E.S.S. et al. Seções - Tipo e representação das paisagens no alto sertão sergipano, nordeste brasileiro. Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. **Instituto de Geociências-Unicamp**, Campinas SP, 5802-5810, 2017.
- SARTOR, L.R. GRAHAM, R.C., YING, S.C., ANDRADE, G.R.P., MONTES, C.R., FERREIRA, T.O. Are hypersaline tidal flat soils potential silicon sinks in coastal wetlands? **GEODERMA JCR**, v.337, p. 215-224, 2019.
- SCHAETZL, R.J., ANDERSON, S. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 833p. 2005.
- SCHOENEBERGER, P.J., WYSOCKI, D.A., BENHAM, E.C., BRODERSON, W.D. *Field Book for Describing and sampling soils*, version 2.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, 2002.
- SILVA, E.A., BENEVENUTE, P.A.M., MELO, L.B.B. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos das curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e “Índice S”. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.11, n.4, p.49-54, out. 2017.
- SILVA, J.R.I., SOUZA, E.S., SOUZA, R., SANTOS, E.S., ANTONINO, A.C.D. **Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida**. V.27, n.3, p.272-283, 2019.
- SOUZA, A.R., ALBUQUERQUE, S.F., LOPES, G.M.B., SILVA, A.B., FILHO, J.N. Caracterização e interpretação de um planossolo háplico eutrófico no agreste pernambucano. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 10, p.271-279, 2013.
- VAEZI, A.R., AHMADI, M., CERDÀ, A. Contribution of raindrop impact to the change of soil physical properties and water erosion under semi-arid rainfalls. **Science of The Total Environment**, 583, 382–392, 2017.

WALKLEY, A., BLACK, I.A., ARMSTRONG, I. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**. 37:29-38, 1943.

YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise and method for routine determination of organic carbonic in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v. 19, n. 13, p, 1467- 1476, Dec. 1998.