UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Centro de Ciências Agrárias

Departamento de Solos e Engenharia Rural

Programa de Pós-Graduação em

Ciência do Solo

RELAÇÃO DE PEDOAMBIENTES COM AS FORMAS CARBONO, NITROGÊNIO E FOSFÓRO EM CLASSES DE SOLO DO ESTADO DA PARAIBA.

Evaldo dos Santos Felix

Areia – PB

Maio - 2016

EVALDO DOS SANTOS FELIX

RELAÇÃO DE PEDOAMBIENTES COM AS FORMAS CARBONO, NITROGÊNIO E FOSFÓRO EM CLASSES DE SOLO DO ESTADO DA PARAIBA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de "Mestre em Ciência do Solo". Área de Concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares.

.

Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

Areia - PB

Maio– 2016

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

F316r Felix, Evaldo dos Santos.

Relação de pedoambientes com as formas carbono, nitrogênio e fosfóro em classes de solo do estado da Paraiba/Evaldo dos Santos Felix. -Areia:UFPB/CCA, 2016.
87f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.
Bibliografia.

Orientador:Bruno de Oliveira Dias.
1.Solos2.Planossolos3.Luvissolos4.NeossolosRegolíticos5. Pluviometria I.Dias,Bruno de OliveiraII.Título.

UFPB/CCA CDU:631.4(043.3)

EVALDO DOS SANTOS FELIX

RELAÇÃO DE PEDOAMBIENTES COM AS FORMAS CARBONO, NITROGÊNIO E FOSFÓRO EM CLASSES DE SOLO DO ESTADO DA PARAIBA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de "Mestre em Ciência do Solo". Área de Concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares.

Aprovada em 19 de maio de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias
CCA/UFPB
Orientador

Prof. Dr. Daniel Duarte Pereira
CCA/UFPB
Examinador

Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo
CCA/UFPB
Examinador

Prof. Dr. Rômulo Vinícius Cordeiro Conceição de Souza
IFPE - Campus Barreiros
Examinador

Ao meu Pai JOSÉ FELIX DA SILVA, a Grande Guerreira e motivo de estarmos aqui, minha Mãe MARIA JOSÉ DOS SANTOS FELIX. Eles me ensinaram com palavras e ações o valor da honestidade e persistência. A minha Esposa DANIELA FELIX, que esteve comigo no decorrer destes anos sempre me incentivando e dando forças, mesmo nos momentos mais difíceis onde eu não encontrava saída. Aos mestres e professores, aos trabalhadores e trabalhadoras do campo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto Do Universo, por nossa existência.

À família formada pelos meus pais, José Felix da Silva e Maria José dos santos Felix e pelos meus irmãos: Betânia, Cícera Aparecida, Jairo, Jair, Eliane, Luciano e Josemir por tudo que sempre fizeram por mim, por todo amor que me dedicam, por me ajudarem em todos os momentos, por estarem sempre juntos de mim.

Aos demais familiares: tios e tias, primos e primas, amados sobrinhos e sobrinhas, cunhados e cunhadas e meu sogro e sogra por toda fraternidade que nos envolve, por vidas e sonhos compartilhados.

Aos colegas da graduação, da pós-graduação, das disciplinas, do laboratório, do campo, em especial: Jhony, Ewerton Abrantes, Antônio de Pádua, Adilson, João Batista, Maely, Aparecida, Vanessa, Flávio Rangel, Kallyne, Matheus, Onildo, Francisco Cabral, Simão, Tarcísio, Rafael... obrigado pela convivência, pela ajuda nos trabalhos de campo, de laboratório, pela parceria, conhecimentos e momentos compartilhados durante nossa agradável convivência.

Aos professores e mestres, da alfabetização, do fundamental, do médio, da graduação, do mestrado, àqueles que contribuíram para a minha formação cidadã, técnica, profissional, pessoal; aos que se dedicam incansavelmente à arte de ensinar, de educar na sua essência; a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva com seus conhecimentos, conselhos e orientações para a realização desse trabalho: Roseilton Fernandes, Vânia Fraga, Raphael Beirigo, José Coelho de Araújo Filho, e demais docentes do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da UFPB. À todos vocês, o meu reconhecimento e agradecimento.

Dedico a minha gratidão especial ao professor Bruno de Oliveira Dias, por ter me acolhido, por não medir esforços para me ajudar, por disponibilizar toda estrutura necessária e apoio financeiro para realização das diversas etapas desse trabalho, por estar sempre presente, pela orientação, pela amizade, confiança, paciência, compreensão e dedicação a mim dispensada.

A Universidade Federal da Paraíba, ao Centro de Ciências Agrárias, ao Departamento de Solos e Engenharia Rural, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do

Solo por disponibilizarem a estrutura necessária, apoio logístico, técnico e científico para a minha formação profissional e para a realização do curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico – CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro a esta pesquisa. Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias, em especial aos do Departamento de Solos e Engenharia Rural, especialmente a dona Marielza pela dedicação a seu trabalho. Aos proprietários das áreas rurais por permitirem a abertura dos perfis e coleta das amostras de solo e aos trabalhadores de campo pela valiosa contribuição com sua força de trabalho e sabedoria.

À Banca Examinadora da Dissertação, o Professor Dr. Raphael Moreira Beirigo CCA/UFPB, o professor Dr. Rômulo Vinícius Cordeiro Conceição de Souza (IFPE - Campus Barreiros) e Prof. Dr. Daniel Duarte Pereira (CCA/UFPB) pelas valiosas contribuições e sugestões para melhoria do nosso trabalho.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fazem parte do círculo de convivência que contribuíram da forma que lhes foi possível para a realização desse sonho.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **1**
CAPÍTULO I **3**
1. REVISÃO DE LITERATURA **3**
1.1. Influência climática na formação dos solos no semiárido paraibano 3
1.1.1. Luvissolos 3
1.1.2. Neossolo Regolítico 4
1.1.3. Planossolos 4
1.2. Matéria orgânica do solo (MOS) 5
1.2.1 Frações granulométricas da matéria orgânica do solo 7
2.1. Estoque de C e N no solo 7
2.2. Formas de N e P no solo 9
CAPITULO II **1**
1. INTRODUÇÃO **3**
2. MATERIAL E MÉTODOS **5**
2.1. Localização, seleção e caracterização das áreas de estudo 5
2.2. Atributos químicos analisados 8
2.3. Análise estatística 9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO **10**
3.1. Análise descritiva 10
3.2. Análises multivariadas 19
4. CONCLUSÕES **23**
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA **24**
CAPITULO III **1**
1. INTRODUÇÃO **3**
2. MATERIAL E MÉTODOS **5**
2.1. Localização, seleção e caracterização das áreas de estudo 5
2.2. Atributos químicos analisados 8
2.3. Análise estatística 8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO **10**
3.1. Análise descritiva 10
3.2. Análise multivariada 16
4. CONCLUSÕES **22**
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA **23**

RESUMO

FELIX, E. S. **Relação de pedoambientes com as formas carbono, nitrogênio e fósforo em classes de solo do estado da Paraíba**. Areia-PB: UFPB, 2016. 78p. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo)

São escassos os estudos relacionados com a influência do gradiente climático, principalmente a precipitação pluviométrica, na dinâmica do C, N e P em solos do Estado da Paraíba, sendo estas informações primordiais para o planejamento do manejo do solo. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a influência do gradiente climática nos estoques de C e N, e nas formas de C, N e P em três ordens de solos representativos do Estado da Paraíba. Foram selecionadas oito áreas considerando dois gradientes climáticos (Quente e semiúmido; e Quente e semiárido) em três ordens de solos (Planossolos Nátricos, Luvissolos Crômicos e Neossolos Regolíticos). Foram avaliados os teores e os estoques de C e N mineral (NH_4^+ e NO_3^-), os teores de carbono orgânico particulado (COp), carbono associado a fração silte + argila(COam), matéria orgânica leve(MOL), e as frações de P (P-Al, P-Fe e P-Ca).Os teores de COp variaram entre as classes de solos e os gradientes climáticos, com maior teor no Luvissolo do clima Quente e semiárido (Cabaceiras);os de COam no Luvissolo de clima Quente e semiárido (Taperoá); os teores de MOL se comportaram de forma diferente em cada ordem de solo, em que os horizontes superficiais tiveram os maiores de teores de C, com exceção do Neossolo Regolítico do clima Quente e semiárido (Picuí), enquanto que os estoques não seguiram esse comportamento, podendo relacionar esse fato com as diferentes densidades e as espessuras dos horizontes. Em relação os estoques de N, o comportamento foi diferente, nos Neossolos Regolíticos, os maiores estoques foram encontrados nos horizontes mais profundos, diferente dos demais, fato relacionado com a facilidade de lixiviação apresentado por este solo, porém nos Planossolos apresentaram estoque de N maior no clima Quente e semiárido; nos Luvissolos, o maior estoque de C foi observado no clima quente e semiúmido; nos Neossolos Regolíticos, os estoques de C e N foram superiores no clima quente e semiárido. Os maiores teores das frações de P foram encontrados no Luvissolo do clima quente e semiárido, sendo que predominou P-Al e P-Fe, isto pode estar relacionado com os baixos valores de Ca^{2+} e pH do solo, tendo em vista que os teores de P-Al e P-Fe são maiores em solos mais desenvolvidos, enquanto que as P-Ca predomina em solos alcalinos, quanto as frações de N os teores foram considerados baixos em todos os solos e horizontes, apenas o Luvissolo do clima quente e semiárido teve maiores teores de nitrato, devido ao acúmulo de matéria orgânica proveniente da serrapilheira, Com aumento da precipitação pluviométrica ocorre um aumento nas frações de P e N nos Planossolos e nos Luvissolos; o material de origem influenciou mais que a precipitação pluviométrica.

Palavras chaves: Fator climático; Planossolo Nátrico, Luvissolo Crômico, Neossolo Regolítico; Fracionamento de carbono;nitrogênio; Fosfato.

ABSTRACT GENERAL

FELIX, E.S. **Pedoenvironmental relationship with the carbon, nitrogen and phosphorus forms in soils classes of Paraiba State**. Areia-PB: UFPB, 2016. 76p. (Master in Soil Science)

ABSTRACT - There are few studies on the influence of climate gradient, especially rainfall, in the dynamic of C, N and P in soils of Paraiba State, which are critical informations for planning soil management. In this context, the objective was to evaluate the influence of climate gradient in the C and N stocks, and in the forms of C, N and P, in three representative soil orders of Paraiba State. Eight areas were selected considering two climatic gradients (Hot and semi-humid, and hot and semi-arid) in three soil orders (Solonetz , Luvisol and Leptosol – FAO/WRB). Was evaluated the levels and stocks of C and mineral N (NH_4^+ and NO_3^-), the particulate organic carbon (POC), organic carbon associated with silt and clay minerals(COam), light organic matter (LOM), and the phosphorus fractioning (P-Al, P-Fe and P-Ca). The POC content varied between soil types and climatic gradients, with higher levels in the climate hot and semi-arid in Luvisol (Cabaceiras) and COam in the climate hot and semi-arid in Luvisol (Taperoá); the LOM contents behaved differently in each soil order, in which the surface horizons had the highest C content, except in Leptosol of the hot and semi-arid climate (Picuí), while stocks did not follow this behavior, and can relate this fact with different densities and thicknesses of the horizons.Regarding stocks of N, the behavior was different in Leptosol, where the largest stocks were found in the deeper horizons, different from the others, indeed related to the ease of leaching presented by this soil, but in Planosol was observed higher stock of N in hot and semi-arid climate in Luvisol, the highest stock of C was in hot and semi-humid climate in Leptosol; stocks of C and N were higher in hot and semi-arid climate.The highest levels of P fractions were found in Luvisol in the hot and semi-arid climate, with predominance of P-Al and P-Fe, this may be associated with low levels of Ca^{2+} and pH of soil, taking into account that P-Al and P-Fe are higher in most developed soils, while the P-Ca predominates in alkaline soils; the N fractions contents were low in all soils and horizons, with exception on the hot and semi-arid climate in Luvisol that had higher levels of nitrate, due to the accumulation of organic matter from leaf litter; with increased rainfall occurs an increase in fractions of P and N in Planosol and Luvisol; the parental material influenced more than rainfall.

Keys-Words:Climatic factory; Solonetz, Luvisol, Regossol; Carbon fractioning ;Nitrogen; Phosphate

INTRODUÇÃO

O manejo inadequado dos sistemas agropecuários tem degradado os solos da Paraíba, reduzindo a sustentabilidade das propriedades rurais. Em virtude da importância de obter informações necessárias ao planejamento de um manejo mais adequado, observa-se na literatura que houve um acentuado avanço no conhecimento de solos nessa região nas últimas décadas (Fraga & Salcedo, 2004; Galvão et al., 2008; Galvão & Salcedo, 2009; Santos et al., 2011; Medeiros et al., 2014). Apesar dos avanços, constatam-se poucos estudos relacionados com a influência do gradiente climático na formação dos solos, principalmente a precipitação pluviométrica, sendo esta informação primordial para o planejamento do manejo, por controlar a dinâmica de C, N e P no solo.

No estado da Paraíba o clima quente e semiárido apresenta precipitação pluviométrica inferior a 800 mm, com uma distribuição espaço temporal muito irregular, de modo que a partilha dos recursos hídricos não é homogênea (Silva et al., 2003; Sousa et al., 2012). E muito menos o regime de umidade dos solos. A precipitação é um dos principais componentes do fator climático, por atuar na formação do solo, através do intemperismo químico e físico de rochas e minerais (Brady & Weil, 2013), e influenciar na produção de biomassa vegetal, formação de serrapilheira (Godinho et al., 2014) e, consequentemente, no ciclo de nutrientes como P, N e C (Ibia & Udo, 1993; Zanella et al., 2012).

A maioria do solos da região Nordeste apresentam baixos teores de P (Menezes et al., 2005). A disponibilidade deste nutriente é controlada pelo grau de intemperismo do solo e processos biogeoquímicos (Santos et al., 2008), tornando-se dependente de vários fatores como pH (Sousa et al., 2007); textura (Machado & Souza, 2012); teores de óxidos e oxihidróxidos de ferro e de alumínio (He et al., 1997), e de carbonatos de cálcio (Tunesi et al., 1999). De acordo com Souza Júnior et al. (2003), as frações P-Al e P-Fe predominaram em solos mais desenvolvidos, e com valores de pH e teores de Ca^{2+} mais baixos, enquanto que a fração P-Ca é predominante em solos alcalinos e com teores muito elevados de Ca^{2+}. Neste contexto, observa-se que o P pode estar ligado ao Fe (P-Fe), Al (P-Al) e Ca (P-Ca), em maior o menor quantidade, afetando a sua disponibilidade para as plantas.

A matéria orgânica do solo (MOS) influencia os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Carneiro et al., 2009). Com relação aos atributos químicos, constata-se que a MOS é a principal fonte de C, uma vez que o mesmo compõe 58% desta

(Schollenberger, 1945; Nelson & Sommers, 1996), e de N no solo, cerca de 95% do N total (Cantarella, 2007). A MOS pode ser dividida em fração leve livre, fração leve intra-agregado e fração pesada, que respondem de forma diferente as práticas de manejo, e por isso podem indicar se o sistema está favorecendo a degradação, recuperação ou a manutenção dos teores de C no solo (Collins et al., 1997). Dentre as frações, constata-se que a fração leve livre constitui o compartimento orgânico com maior sensibilidade à degradação do solo pelo cultivo excessivo, podendo ser considerada um indicador precoce do declínio da MOS (Freixo et al., 2002).

Estudos de caracterização de solos em regiões ainda pouco estudadas em relação aos processos pedogenéticos, disponibilizam mais informações sobre as diversas classes de solos ao longo do território nacional, permitindo sistematizar informações sobre as propriedades dos solos, que poderão servir de subsídio para o desenvolvimento de práticas de manejo e uso sustentável, bem como para recuperação de áreas degradadas (Santos et al., 2012). Desta forma, detalhar os atributos de diferentes classes de solos em um gradiente climático na Paraíba, contribuirá com informações para avaliação das potencialidades e limitações agrícolas dos solos.

Baseado na hipótese de que o clima influencia diretamente na dinâmica do C, N e P no solo, este trabalho objetivou-se avaliar a influência do gradiente climático nos estoques de C e N, e nas formas de C, N e P em três ordens de solos representativos do Estado da Paraíba.

CAPÍTULO I

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Influência climática na formação dos solos no semiárido paraibano

A região semiárida paraibana apresenta 7 ordens de solos: Luvissolos (44,8%), Neossolos (35,4%), Argissolos (9,0%), Planossolos (7,9%), Vertissolos (2,4%), Latossolos (0,3%) e Cambissolos (0,3%) (EMBRAPA, 2011). A formação dos solos é influenciada pelos fatores de formação, dentre os quais se destaca o clima, principalmente por meio da precipitação pluviométrica e temperatura (Santos et al., 2010), tendo em vista que regulam a natureza e a velocidade das reações químicas.

A precipitação pluviométrica está diretamente relacionada com os processos de formação do solo, por controlar a adição, remoção, translocação e transformação, de nutrientes, materiais minerais e orgânicos dentro do perfil do solo. Com a elevação da precipitação pluviométrica ocorre o aumento do desenvolvimento dos solos devido a ação da água na alteração química dos minerais (Schumacher & Hoppe, 1999), percolação das soluções desse material alterado pelos horizontes do solo, processos de lixiviação (Salomão & Antunes, 2001) e translocação, desgaste direto da rocha matriz e erosão do solo (Brady & Weil, 2013).

Ao observar o efeito da temperatura, constata-se que a mesma influencia diretamente sobre o intemperismo químico, onde em valores abaixo de 0ºC praticamente não se verifica intemperização, contudo, com o aumento da temperatura a maioria dos evaporitos torna-se mais solúveis (Schumacher & Hoppe, 1999).

1.1.1. Luvissolos

Compreende solos minerais, não hidromórficos, onde ocorre desenvolvimento expressivo do horizonte diagnóstico B textural, aliado à alta atividade da fração argila e alta saturação por bases, imediatamente abaixo de horizonte A ou E (EMBRAPA, 2013). Distribuem-se por boa parte do território brasileiro, com maior expressividade em regiões como o semiárido nordestino, região Sul e no Estado do Acre (IBGE, 2007).

Localizam-se em áreas de relevo ondulado a forte ondulado, com alta suscetibilidade à erosão, e sérias limitações ao cultivo agrícola desses solos no estado da Paraíba. Para um aproveitamento adequado desses solos, recomenda-se a utilização de

áreas de menor declividade e adoção de medidas de controle à erosão. A forma mais adequada de utilização desses solos é a pecuária, e a manutenção da vegetação nativa (Cavalcante et al., 2005). No Nordeste brasileiro, as atividades agropecuárias exploram principalmente a criação extensiva de bovinos, caprinos e ovinos, bem como a produção de forrageiras, como a palma, o sorgo, além do milho e algodão (Jacomine, 1996).

1.1.2. Neossolo Regolítico

São solos com contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm, e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura, apresentado pelo menos um dos seguintes requisitos: 4% ou mais de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) na fração areia total e/ou no cascalho, porém referidos a100 g de TFSA, em algum horizonte dentro de 150 cm da superfície do solo;5% ou mais do volume da massa do horizonte C ou Cr, dentro de150 cm de profundidade, apresentando fragmentos de rocha semi-intemperizada, saprólito ou fragmentos formados por restos da estrutura orientada da rocha (pseudomorfos) que originou o solo (EMBRAPA, 2013). Mesmo apresentando textura arenosa, baixa capacidade de adsorção de nutrientes (Tito et al., 1997), possuem baixo teor de matéria orgânica e nitrogênio (Jacomine, 1996), este solo é intensamente utilizado na agricultura (Menezes & Silva, 2007; Borchartt et al., 2011), seja por suas características físicas favoráveis, seja por sua grande difusão geográfica.

Na Paraíba, esses solos representam 1,11% da área (EMBRAPA, 2011), e são cultivados principalmente com feijão, geralmente consorciados com milho e fava, (Francisco et al., 2015). Também se constata, que são muito susceptíveis à erosão, principalmente quando revolvidos, necessitam de adubações frequentemente com nitrogênio e fósforo, e apresentam uma lixiviação intensa (Cavalcante et al., 2005).

1.1.3. Planossolos

São solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é

responsável pela detenção do lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica, e presença variável durante o ano (IBGE, 2007; EMBRAPA, 2013).

Uma característica comum desses solos é a presença de sais solúveis em altas concentrações. Eles ocorrem principalmente em posições baixas da paisagem. No Nordeste brasileiro, os locais menos elevados recebem água dos declives adjacentes, durante as chuvas que caem em alguns meses do ano. Essa água que se evapora rapidamente deixando no solo os sais minerais, ocasionando pequeno acúmulo de sais no horizonte superficial, com o passar do tempo, provoca a salinidade do solo. Geralmente, os Planossolos possuem altos teores de sódio trocável, principalmente no horizonte B (Lepsch, 2002).

Os solos desta ordem ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de por um curto período, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada, e até mesmo sob condições de clima semiárido.

Grande parte desses solos na Paraíba são utilizados com a pecuária, aproveitando-se para isso os campos antropizados, e com pastagens da própria vegetação natural. Alguns trechos são usados para cultivos da agricultura familiar (milho, feijão, fava) e algodão herbáceo, em geral consorciado. Além das limitações pela falta d'água, que são muito fortes, esses solos apresentam elevados teores em sódio trocável e más condições físicas nos horizontes subsuperficiais, principalmente do Bt, tornando-os alguns casos, inaptos para agricultura (Cavalcante et al., 2005).

1.2. Matéria orgânica do solo (MOS)

A matéria orgânica do solo tem um papel importante como condicionadora de solo, pois atua no fornecimento de nutrientes às plantas (Costa et al., 2010), na retenção de cátions (Ciotta et al., 2003), na complexação de elementos tóxicos (Pavinato & Rosolem, 2008) e micronutrientes (Pegoraro et al., 2006), na estabilidade de agregados (Salton et al., 2008), infiltração e retenção de água(Sato et al.,2012), aeração(Souza & Alves, 2003), e na atividade microbiana(Capuani et al.,2012), constituindo-se, assim, em um componente fundamental e determinante da capacidade produtiva de solos (Silva & Mendonça, 2007).

Com o crescimento populacional houve um aumento na demanda de produção de alimentos, com isso há uma necessidade cada vez a cobrança é maior para que o uso seja o mais sustentável possível do solo com culturas anuais, com isso cada vez mais vem aumentando a cobrança para que o uso seja o mais sustentável possível. Essa pressão,

associada a manejos inadequados, acarretam acentuada degradação de extensas áreas agrícolas da região semiárida, num cenário de pobreza e dificuldade, onde vive grande parte da população nordestina. Portanto, um bom manejo da fertilidade e conservação do solo torna-se essencial para melhoria da qualidade de vida dessa população (Menezes et al., 2005).

Em regiões semiáridas ocorre uma significativa variação nas propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo, fato esse diretamente relacionado com à sazonalidade climática a que esses ambientes estão submetidos, sendo que o principal fator limitante desses solos é a deficiência hídrica (Martins et al., 2010).

A matéria orgânica do solo apresenta o maior reservatório de carbono (C) da superfície terrestre, onde se estima que o C estocado no solo seja de aproximadamente 1.500 Pg, com isso supera o estoque de C da biota (Anderson, 1995). Com as mudanças que ocorrem no ambiente do solo, oriundas das práticas inadequadas de manejo, podem acarretar em um declínio do estoque de C, contribuindo com isso para o aumento das emissões de gás carbônico(CO_2) para atmosfera (Lal, 1997).

Em regiões tropicais semiáridas, o teor de MOS geralmente é baixo, na maioria das vezes não ultrapassa 10 g kg^{-1} (Canellas et al., 2004), isso é explicado pela baixa formação de biomassa vegetação, que fornece pouco material a ser transformado em húmus, e pela rápida mineralização da matéria orgânica, ocasionada pelo clima quente (Volkoff & Ceri, 1980).

Em estudos realizados por Andrade et al. (2008), verifica-se uma sazonalidade na deposição de serrapilheira, onde o comportamento da deposição durante o período estudado, foi altamente influenciado pela precipitação, com a menor taxa de deposição de serrapilheira registrada no mês de dezembro, onde as árvores estavam praticamente desfolhadas, com final da estação seca e início da chuvosa. Neste mesmo trabalho, foi observado a maior deposição nos meses de maio e junho, coincidindo com o final da estação chuvosa e início da seca.

A decomposição da serrapilheira é muito importante na ciclagem de nutrientes em um bioma, seu acúmulo na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Para Toledo (2003), o entendimento dos mecanismos que regulam esse processo dinâmico, onde ocorre a entrada de material através da deposição e a perda, através da transformação via decomposição, acontecem quase que simultaneamente.

Lima et al. (2015) ao avaliarem a taxa de decomposição de serrapilheira em condições de caatinga piauiense, observaram que a velocidade de decomposição é lenta,

sendo que aos 120 dias, mais de 50% do material remanescente ainda não tinha sido decomposto, fato atribuído aos altos teores de lignina e tanino contidos na serrapilheira. A presença da lignina deixa a serrapilheira mais resistente à decomposição química promovida por fungos e bactérias, e o tanino torna pouco palatável para certos grupos da meso e macrofauna edáfica (Correia & Andrade, 2008).Outro fator de grande influência na decomposição lenta é a baixa umidade presente no solo de caatinga, o que reduz consideravelmente a atividade dos organismos decompositores da serrapilheira (Santana & Souto, 2011).

1.2.1 Frações granulométricas da matéria orgânica do solo

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo é baseado no grau de associação das frações orgânicas com a matriz do solo, ou seja, o C pode estar livre ou fracamente associado às partículas de solo, sendo chamado de carbono orgânico particulado (COp); ou estar fortemente ligado às partículas minerais, formando complexos organo-minerais (COam). As diferentes frações da MOS apresentam características químicas, físicas e morfológicas diferentes entre si, e a distribuição dessas frações no solo pode indicar a qualidade da matéria orgânica.Desta forma, a utilização de sistemas de manejo que promovam diferentes aportes de biomassa vegetal pode ser identificada por meio da fração particulada da MOS, sendo possível esta ser utilizada como ferramenta para avaliar a qualidade do solo, principalmente em um curto período de tempo (Conceição et al., 2005; Rossi et al., 2011).

O compartimento matéria orgânica leve (MOL) apresenta dinâmica acelerada no solo (Leite, 2002). Portanto, sua manutenção é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que representa, em curto e médio prazo, um alto potencial para ciclagem de nutrientes (Compton & Boone, 2002).Em estudos realizados por Carmo et al, (2012), observou-se que as camadas mais profundas (10-20 e 20-30 cm) apresentaram menores teores de COp do que as camadas superficiais. Essa estratificação demonstra a grande influência da serrapilheira na formação de COp da matéria orgânica introduzida pela superfície do solo. As maiores variações nos teores de COp nas camadas mais superficiais do solo reforçam a dependência desta fração da adição de resíduos vegetais para a manutenção de seus valores.

2.1.Estoque de C e N no solo

O C e o N são os principais componentes da matéria orgânica do solo, 58% e 5% respectivamente (Zanella et al., 2012), onde seus estoques podem variar em função da adição de resíduos vegetais e ou animais, e das perdas, principalmente por erosão e oxidação pelos microrganismos do solo. Em solos onde não há ação antrópica, os teores e estoques desses elementos podem ser determinados basicamente pela umidade e tipo do solo (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Os teores de carbono orgânico do solo em diferentes sistemas de manejo fornecem informações importantes para a avaliação da qualidade do solo. Com uma maior concentração de matéria orgânica nas camadas superficiais, ocorre maior estabilidade do sistema poroso do solo, provocando um aumento na capacidade do solo em suportar cargas, sem ocorrência de compactação adicional, uma vez que há um acréscimo na força de união entre as partículas, aumentando a estabilidade dos agregados (Franzluebbers, 2002). Esses resultados demonstram a importância da deposição continua de resíduos orgânicos, com relação C/N diversificada, buscando manter a estrutura ideal para o desenvolvimento das plantas (Silva et al., 2006; Vasconcellos et al., 2010).

O acréscimo do estoque de CO no solo, causa grandes mudanças nas propriedades físicas (Souza et al., 2005), diminui a emissão de CO_2 para atmosfera (Baldotto et al., 2008) e favorece a mitigação do efeito estufa (Cerri et al., 2010). Assim, observa-se que existe um interesse cada vez maior em identificar sistemas de manejo de culturas e pastagens que contribuam para o aumento do estoque de carbono no solo (Freitas et al., 2000).

Uma análise comparativa dos estoques de C nos diferentes biomas brasileiros foi realizada por Fidalgo et al. (2007), tendo como base dados de diferentes solos (Chagas et al., 2004). Verificou-se que o acúmulo médio de COT é de 23,7 Mg ha^{-1} para os solos do bioma caatinga, sendo este o menor valor encontrado, quando comparado com os valores apresentados para os bioma mata atlântica e cerrado, 41,8 e 39,2 Mg ha^{-1} respectivamente. Maia et al. (2007), encontraram em Luvissolo Crômico órtico, sob caatinga nativa no Semiárido cearense, estoque de C de 73,63 Mg ha^{-1}.Vários autores em estudos realizados nos diferentes biomas brasileiros, constataram que havia relação direta entre o teor de C e N do solo e o tipo de vegetação (Maia et al., 2009; Siqueira Neto et al., 2009; Frazão et al., 2010; Maia et al., 2010).

Os estoques de N do solo estão relacionados com os estoques de C, pois, de acordo com D'Andréa et al. (2004), os teores destes nutrientes estão correlacionados, independente do sistemas de manejo, onde os maiores teores foram encontrados na camada superficial. Em trabalho realizado por Fracetto et al. (2012), constatou-se que após 10 anos

de conversão de vegetação nativa para mamona, ocorreram perdas de 50% nos estoques de C e N, sendo mais acentuado nos primeiros anos após a conversão.

2.2. Formas de N e P no solo

O nitrogênio é um dos nutrientes de maior demanda pelas culturas, a exemplo do milho (Ros et al., 2003), contudo, a maioria dos solos apresenta pequena disponibilidade deste elemento, pelo fato de 95% do N estar na forma de matéria orgânica (Cantarella, 2007), a qual é mineralizada lentamente pelos microrganismos (van Bremner, 1965; Stevenson, 1982). Durante o processo de mineralização da matéria orgânica do solo, ocorrem reações de amonificação e nitrificação, formando NH_4^+ e NO_3^-, que são as formas disponíveis para as plantas. Neste contexto, verifica-se que o ciclo deste nutriente é extremamente dependente da matéria orgânica, pois ao contrário de outros nutrientes sua liberação não é através do intemperismo de minerais no solo (Sousa & Lobato, 2004).

A taxa de mineralização anual varia de 10% a menos de 0,6%, dependendo da constituição do nitrogênio orgânico que pode ser formas prontamente mineralizáveis e formas mais estáveis, que é de difícil mineralização (Hebert, 1982). Contudo, em razão das condições climáticas em remanescentes de caatinga da Paraíba, Holanda et al. (2015), relataram taxa de decomposição foliar anual de 67%. Esse processo pode ser influenciado pelo uso e manejo do solo, como em áreas de pastagens, onde a forma amoniacal tem um favorecimento das substâncias que são excretadas pelas raízes das gramíneas, que inibem a nitrificação, além da existência de menores valores de pH, onde é normal acontecer nessas condições (Moreira & Siqueira, 2002).

O P do solo pode ser dividido em fósforo lábil, que é a fração biodisponível, e não lábil, não disponível, que é de difícil separação e caracterização, porém interpretadas de acordo com a energia com que são adsorvidas aos minerais do solo, ainda a estabilidade dos fosfatos formados (Thomas & Peaslee, 1973). A fração lábil está em equilíbrio com o P da solução, enquanto que a fração não lábil é responsável pela maior parte do P inorgânico do solo, representado por compostos insolúveis e que só lentamente podem se transformar em fosfatos lábeis.

Dependendo da natureza do composto, o P pode se encontrar como P orgânico (diéster, monoéster) e P inorgânico em ligações com Fe, Al, Ca, argilas silicatadas e óxidos, dentre outras formas (Gatiboni et al., 2005; Sousa Júnior et al., 2012). Em solos altamente intemperizados, como os Latossolos, ocorre um predomínio de formas orgânicas ligadas à fração mineral com alta energia ligação, e as formas já estabilizadas física e

quimicamente, as quais proporcionaram geralmente, baixos teores de P na solução do solo, e como consequência uma baixa produção agrícola (Novais & Smyth, 1999).

Nos Latossolos do cerrado, que são mais intemperizados, geralmente observa-se a predominância do P-Fe e do P-Al sobre P-Ca (Lacerda et al., 2013). Em solos com pH neutro ou alcalino, aliado à altos teores de Ca, o P pode formar compostos como fosfatos de cálcio (P-Ca), com diferentes graus de solubilidade, e consequente disponibilidade às culturas (Sample et al., 1980).

A dinâmica deste nutriente no solo se associa com os fatores ambientais, que controlam as atividades dos microrganismos, onde esses imobilizam ou liberam íons de fosfato, com as propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (Santos et al., 2008), com o uso do solo, remoção do P pelas plantas, e aplicação de fertilizantes fosfatados (Tiessen et al., 1983). A matéria orgânica também é importante na dinâmica, por afetar a disponibilidade de P para as plantas, principalmente pelo bloqueio dos sítios de adsorção especifica por ácidos orgânicos de baixo peso molecular, como também por recobrimento dos óxidos de Fe e Al pela fração húmica do solo (Dick et al., 2009).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDERSON, D.W. Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A.(eds.).Soils and global change. Boca Raton, CRC Press, 1995.p.165-175.

ANDRADE, R.L.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.& BEZERRA, D.M. Deposição de serrapilheira em área de caatinga na RPPN"fazenda tamanduá", Santa Terezinha – PB. Revista Caatinga,v.21, n2, p.223-230,2008.

BALDOTTO, M.A.; CANELLAS, L.P.; CANELA, M.C.; REZENDE, C.E.; & VELLOSO, A.C.X. Propriedades redox de ácidos húmicos isolados de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, v.32, p.1043-1052, 2008.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. Revista Brasileira Ciênciado Solo, v.21, p.105-112, 1997.

BORCHARTT, L.; SILVA, I.F.; SANTANA, E.O.; SOUZA, C. & FERREIRA, L.E. Adubação orgânica da batata com esterco bovino no município de Esperança - PB. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 2, p. 482-487, 2011.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.147-157, 2009.

CANELLAS, L.P.; ESPINDOLA, J.A.A.; REZENDE, C.E.; CAMARGO, P.B.; ZANDONADI, D.B.; RUMJANEK, V.M.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. & BRAZ FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. Scientia Agricola, v.61, n.1, p.53-61, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. p.375-470.

CAPUANI, S; RIGON, J.P.G.; BELTRÃO, N.E.M. & BRITO NETO, J.F. Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.1269-1274, 2012.

CAVALCANTE, F.S. DANTAS, J.S.; SANTOS, D. & CAMPOS, M.C.C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. Revista Científica Eletrônica de Agronomia,v.4, p.1-10, 2005.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; MAIA, S.M.F.; CERRI, C.E.P.; COSTA JÚNIOR, C.; FEIGL, B.J.; FRAZÃO, L.A.; MELLO, F.F.C.; GALDOS, M.V.; MOREIRA, C.S. &CARVALHO, L.N. Greenhouse gás mitigationoptions in Brazil for land-use change, livestockandagriculture. Scientia Agricola, v.67, p.102-116, 2010.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R. & ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. Ciência Rural, v.33,p.1161-1164, 2003.

COLLINS, H.P., PAUL, E.A., PAUSTIAN, K., ELLIOTT, E.T. Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In: PAUL, E.A.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. & COLE, C.V. (Eds). Soil organic matter in temperate agroecosystems: long-term experiments in North America. Boca Raton: CRC Press, 1997. p.51-72.

COMPTON, J.E. & BOONE, R.D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. Soil Biology andBiochemistry, v.34, p.933-943, 2002.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.777-788, 2005.

CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole,2008. p.137-154.

COSTA, F.X.X.; BELTRÃO, N.M.E.M.; SILVA, F.E.A.A. MELO FILHO, J.S.M. & SILVA, M.A.S. Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. Revista Verde, v.5, p.204-212, 2010.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.179-186, 2004.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J. & BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, J.W.V.; ALLEONI, L.R.F. (Eds). Química e mineralogia do solo:Parte II - Aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p.1-68.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.3.ed. Brasília:EMBRAPA/CNPS, 2013. 353p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. Escala 1:5.000.000.

FIDALGO, E.C.C; BENITES, V.M.; MACHADO, P.L.O.A; MADARI, B.E.; COELHO, M.R.; MOURA, I.B. & LIMA, C.X. Estoque de carbono nos solos do brasil. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2007. 26p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 121).

FRAZÃO, L.A.; SANTANA, I.K.D.S.; CAMPOS, D.V.B.; FEIGL, B.J. & CERRI, C.C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em NeossoloQuartzarênicosob uso agrícola. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, n.10, 1198-1204, 2010.

FRACETTO, F.J.C.; FRACETTO, G.G.M.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. & SIQUEIRA NETO, M. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1545-1552, 2012.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality.Soil and Tillage Research, v.66, p.95-106, 2002.

FRANCISCO, P.R.M.; PEREIRA, F.C.; BRANDÃO, Z.N.; ZONTA, J.H.; SANTOS, D. & SILVA, J.V.N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, p.377-390,2015.

FREITAS, P.L.; BLANCANEAUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. & FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.157-170, 2000.

FREIXO, A.A.; MACHADO P.L.O.A.; GUIMARÃES C.M.; SILVA C.A. & FADIGAS F.S.Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.425-464,2002.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. Modificações nas formas de fósforo após a extração sucessiva com os métodos de Mehlich I e II e resina trocadora de ânions. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.363-371, 2005.

GODINHO, T.O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J.P. & TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serrapilheira acumulada. Cerne, v.20, p.11-20, 2014.

HE, L.M.; ZELAZNY, L.W.; BALIGAR, V.C.; RITCHEY, K.D. & MARTENS, D.C. Ionic strength effects on sulfate and phosphate adsorption on γ-alumina and kaolinite: triplelayer model. Soil Science Society of America Journal, v.61, p.784-793,1997.

HEBERT, J. Nitrogen. In: BONNEAU, M. & SOUCHER, B. (Eds.). Constituents and proferties of soil.New York: Academic Press, 1982. p. 435-442.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; MARANGON, L.C.; FREIRE, F.J. & HOLANDA, E.M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. Revista Árvore, v.39, p.245-254, 2015.

IBIA, T.O. & UDO, E.J. Phosphorus forms and fixation capacity of representative soils in Akwa Ibom State of Nigeria.Geoderma, v.58, p.95-106, 1993.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Pedologia. 2ed.Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, 4)

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatingas – Características e usos agrícola. In: ALVARES, V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. (Ed.) O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 95-155.

LACERDA, J.J.J.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. & OLIVEIRA, C.H. C. Crop growth response and dynamics of inorganic phosphorus fractions after application reactive Arad phosphate rock in Oxisol with different land use histories. African Journal of Agricultural Research, v. 26, p. 3454-3461, 2013.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO_2- enrichment.Soil and Tillage Research, v.43, p.81-107, 1997.

LEITE, L.F.C. Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century.Viçosa: UFV, 2002. 142p. (Tese de Doutorado em Agronomia)

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. São Paulo, Oficina de textos, 2002. 178p.

LIMA, R.P.; FERNANDES, M.M.; FERNANDES, M.R.M.&MATRICARDI, E.A.T. Aporte e Decomposição da Serrapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. Floresta e Ambiente,v.22, n.1, p.42-49, 2015.

LOSS, A. Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no cerrado goiano. Seropédica: UFRRJ,2011. 122p. (Tese de Doutorado em Ciência do Solo)

MACHADO V.J. & SOUZA, C.H.E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. Bioscience Journal, v. 28, n.1, p.1-7, 2012.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.E.P. & CERRI, C.C. Effectof grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. Geoderma,v.149, p.84-91, 2009.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil.Soil &Tillage Research,v.106, p.177-184, 2010.

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 Ciência do Solo, v.34, p.1883-1890, 2010.

MENEZES, R.S.C. & SILVA, T.O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, p.251-257, 2008.

MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S.; MARIN, A. M. P. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. 2005, Recife, PE. Anais... Recife, 2005. v. 1, p. 1-30. 1 CD ROM.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo.Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

PAVINATO, P.S. & ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.911-920, 2008.

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V., V.H.; NUNES, F.N. & GEBRIM, F.O. Fluxo difusivo de micronutrientes catiônicos afetado pelo tipo, dose e época de incorporação de adubos verdes ao solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.997-1006, 2006.

ROS, C.O.; SALET, R.L.; PORN, R.L. & MACHADO, J.N. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. Ciência Rural, v.33, n.5,p.799-804, 2003.

SALOMÃO, F.X.T. & ANTUNES, F.S. Solos em pedologia. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds). Geologia de Engenharia. 1 ed. São Paulo: ABGE, 2001.p.87-99.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M. & BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.11-21, 2008.

SANTANA J.A.S. & SOUTO J.S. Produção de serrapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. Idesia, v.29, p.87-94,2011.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A.V.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F. & COSTA, S.E.V.G.A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.705-714, 2008.

SANTOS, D.R.; CASSOL, P.C.; KAMINSKI, J. & ANGHINONI, I. Fósforo orgânico do solo. In.: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed.Porto Alegre: Metrópoles,p.101-112, 2008.

SANTOS, J.C.B.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; CORRÊA, M.M.; RIBEIRO, M.R.; ALMEIDA, M.C. & BORGES, L.E.P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semiárida do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.683-695, 2012.

SANTOS, A.C.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BERNINI, T.A.; COOPER, M.; NUMMER, A.R.; & FRANCELINO, M.R. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.1297-1314, 2010.

SAMPLE, E.C.; SOPER, R.J & RACZ, G.J. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J. (Eds.). The role of phosphorus in agriculture. Madison: American Society of Agronomy,1980. p.263-310.

SATO, J.H.; FIGUEIREDO, C.C.; LEÃO, T.P.; RAMOS, M.L.G. & KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.2, p.189-193, 2012.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.,V.H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. p.275-374.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. Acta Scientiarum: Agronomy, v.34, p.709-717, 2009.

SILVA, V.P.R.; CAVALCANTI, E.P; NASCIMENTO, M.G. & CAMPOS, J.H.B.C. Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, p.269-274, 2003.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. & CARVALHO, F.G. Matéria orgânica propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,v.10, p.579-585, 2006.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2. Ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 129-145. (Informação Tecnológica)

SOUZA, Z.M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S. & CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.271-278, 2005.

SOUZA JÚNIOR, R.F.; OLIVEIRA, F.H.T.; SANTOS, H.C.; FREIRE, F.J. & ARRUDA, J.A. Frações de fósforo inorgânico do solo e suas correlações com o fósforo quantificado por extratores e pelo milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p. 159-170, 2012.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. Maringá, v.25, p.27-34, 2003.

SOUSA, E.P.; SILVA, V.P.R.; CAMPOS, J.H.B.C. & OLIVEIRA, S.D. A Teoria da Entropia na Análise da Precipitação no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, p.386-399, 2012.

SCHUMACHER, M.V. & HOPPE, J.M. A floresta e o solo. Porto Alegre: Pallotti, 1999. 83p.

STEVENSON, F.J. Origen and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J. (Ed). Nitrogen in agricultural soil. Madison: ASA/SSSA, 1982.p.1-14.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. & MOIR, J.O. Changes in organic and inorganic phosphorus of two grassland and their particle size fraction during 60-90 years of cultivation. Journal of Soil Science, v.34, p.815-823, 1983.

TITO, G. A.; CHAVES, L. E. G.; CARVALHO, H. O. & AZEVEDO, N. C. Aplicação de bentonita em um Regossolo eutrófico. II. Efeitos sobre as propriedades químicas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.1, p.25-27, 1997.

THOMAS, G.N. & PEASLEE, D.E.Testing soil for phosphorus. In: WASH, L.M. & BEATON, J.D. (Eds.) Soil testing and plant analysis. Madison: ASA/SSSA, 1973.p.115-132.

TOLEDO, L.O. Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em área de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. 80p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)

TUNESI, S.; POGGI, V. & GESSA, C. Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: the role of calcium ions in solution and carbonate minerals. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.53, p.219-227, 1999.

Van BREMNER, J.M. Organic nitrogen in soils. In: BARTHOLOMEW, W.V. (Ed). Soil nitrogen. Madison: ASA/SSSA, p.93-149, 1965.

VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; OLIVEIRA, V.S.; COSTA, Y.D.J. & CAVALCANTE, D.M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo,v.34. p.309-316, 2010.

VOLKOFF, B.& CERRI, C. C. Comparação de húmus de um Solontchak, um Rendzina e um Solo Litólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. Revista Brasileira Ciência do Solo, v.4, p.49-56, 1980.

ZANELLA, M.S.; AMARAL, A.R.; ANDRADE, R.M.A.; JESUS, E.M.; REIS, R.C.A. &BORSATO, A.V.Elaboração de fertilizante orgânico a partir dos recursos locais no assentamento Tamarineiro II Sul, Corumbá, MS. Cadernos de Agroecologia, v.7, 2012. 4p

CAPITULO II

FELIX, E.S. **Relação de pedoambientes com os estoques de carbono e nitrogênio em classes de solos do Estado da Paraíba**. Areia-PB: UFPB, 2016. p. 18-46. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo)

RESUMO: A dinâmica da matéria orgânica é influenciada pelo ambiente de formação do solo, com isso os estoques de C e N variam de acordo com a ordem de solo e com os agrossistemas, uma vez que as práticas que proporcionam maior revolvimento dos solos resultam em menores teores de C e N. Nesse contexto objetivou-se avaliar a influência do gradiente climático nos estoques de C e N em solos representativos da Paraíba. Foram selecionadas três classes de solo, (Planossolos Nátricos, Neossolos Regolíticos e Luvissolos Crômicos) no estado da Paraíba que tivessem gradiente climático semelhantes, onde foram abertas trincheiras, identificado os horizontes e coletado amostras para análises em todos os horizontes presente, independente da ordem de solo e zona climática. Foram avaliados os teores e estoques de C e N, os teores de carbono orgânico particulado (COp), carbono orgânico associado a silte + argila (COam) e matéria orgânica leve (MOL). Os teores de COp variaram entre os solos e os gradientes climáticos,sendo os maiores teores encontrados no Luvissolo do clima quente e semiárido(Quente e semiárido), e os de COam no Luvissolo de clima Quente e semiárido os teores de MOL se comportaram de forma diferente em cada ordem de solo, em que os horizontes superficiais tiveram os maiores de teores de C, com exceção do Neossolo Regolítico do clima Quente e semiárido, enquanto que os estoques não seguiram essa ordem, podendo relacionar esse fato com as diferentes densidade e espessuras de camada que variam em cada solo; nos estoques de N, o comportamento foi diferente, no Neossolo Regolítico, os maiores estoque foram encontrados nos horizontes mais profundos diferente dos demais, fato relacionado com a facilidade de lixiviação apresentado por este solo, porém nos Planossolos apresentaram estoque de N maior no clima Quente e semiárido, nos Luvissolos, o maior estoque de C foi no clima Quente e semiúmido nos Neossolos Regolíticos, os estoques de C e N foram superiores no clima Quente e semiárido.

Palavras chaves: gradiente climático; Neossolo Regolítico, Luvissolo, Planossolo, frações matéria orgânica do solo

FELIX, E. S. **Pedoenvironmental Relationships with the carbon and nitrogen stocks in soils classes of Paraiba State**. Areia-PB: UFPB, 2016. p. 18-46. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo)

ABSTRACT: The dynamics of organic matter is influenced by the soil formation environment, thereby stocks of C and N vary according to soil order and with agrosystems, since practices that provide greater soil tillage result in lower levels of C and N. in this context it is aimed to evaluate the influence of climate gradient in stocks of C and N in soils of Paraíba State. three soil classes were selected in Paraiba State that have similar climatic gradient where trenches were opened, horizons identified and collected samples for analysis in all this horizons, regardless of soil order and climatic zone. Was evaluated the C and N contents and stocks, particulate organic carbon (POC), organic carbon associated with silt + clay minerals (COam) and light organic matter (LOM). The POC content varied between soils and climatic gradients, with the highest levels observed in Luvisol in the hot and semi-arid climate; and the COam in Luvisol in the hot and semi-arid climate; the LOM contents behaved so different in each soil order, in which the surface horizons had the highest C content, except Leptosol in the hot and semi-arid climate; while stocks did not follow this order and can relate this with the different density and thickness layer ranging in each soil; in N stocks, the behavior was different in Leptosol, where the largest stock were found in the deeper horizons, different from the others, indeed related to the ease of leaching presented by this soil, but in Planosol showed N stock higher in hot and semi-arid climate in Luvisols; the largest C stocks was in hot and semi-humid climate in Leptosol; C and N stocks were higher in the hot and semiarid climate.

Key words: climate gradient; Leptosol; Luvisol; Planosol; soil organic matter fractions

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas por apresentar baixa pluviosidade e solos pouco intemperizados (Araújo Filho, 2002), geralmente com baixos teores de carbono orgânico (0,93%) (Salcedo & Sampaio, 2008) e de nitrogênio (N), que resultam da baixa produção de biomassa. De acordo com Burger (2005), a biomassa constitui um importante aspecto para caracterização estrutural dos ecossistemas, por demonstrar o potencial de acumulação de energia e nutrientes pela biota. Além disso, constitui-se um parâmetro relevante para a análise e monitoramento dos ecossistemas, bem como para avaliação de impactos, análise de estágios de sucessão e avaliação da capacidade de produção primária.

A dinâmica da matéria orgânica é influenciada pelo ambiente de formação, relevo e uso do solo, além do clima, que juntos controlam o teor e o grau de decomposição (Albrecht et al., 2003).

Os estoques de C variam com a ordem de solo, como exemplo tem-se os Luvissolos, Planossolos e Neossolos Regolíticos na região semiárida brasileira, em áreas de vegetação de caatinga hiper e hipoxerófila, que podem apresentar estoques médios de 24,2, 20,2 e 12,1 Mg ha^{-1} no horizonte superficial (Ap) (Giongo et al., 2011). Os valores do estoque de C também são alterados de acordo com os agrossistemas, uma vez que práticas que proporcionam maior movimentação dos solos resultam em menores teores de C microbiano e orgânico (Costa, 2011).

Da mesma forma que os valores do estoque de C variam com a ordem de solo e práticas de manejo, os valores dos estoques de N também variam. Em um trabalho realizado por Santana et al. (2015), constatou-se estoques de 6,6 Mg ha^{-1} e 4,5 Mg ha^{-1} de N na camada de 0-1 m, em área de caatinga densa, para Argissolos e Latossolos, respectivamente, enquanto que em área de pastagem verificou-se valores de 6,5 Mg ha^{-1} e 4,8 Mg ha^{-1} de N.

O aumento da mudança de uso do solo com a redução da cobertura da vegetação nativa no semiárido brasileiro, tem levado à degradação dos recursos naturais, em especial na redução da matéria orgânica e da fertilidade natural do solo (Menezes & Sampaio, 2002).Além disso, a caatinga, apresenta limitações impostas pela escassez de água (Paes-Silva, 2002), que juntamente com a temperatura acima da considerada ótima ás espécies nativas (24 a35 °C) (Alves et al., 2002; Lima et al., 2006; Pacheco, 2006; Guedes et al., 2010; Silva & Dantas, 2013), geralmente encontradas em solos degradados tendem a afetar

a porcentagem e a velocidade da germinação (Dousseau et al., 2008), a produção de biomassa vegetal e, consequentemente, o estoque de C e N no solo.

Apesar da importância das condições climáticas na qualidade de solos no estado paraibano, constata-se poucos estudos nesta área. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência do gradiente climático nos estoques de C e N em solos representativos do estado da Paraíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, seleção e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido no estado da Paraíba (Figura 2), as áreas foram selecionadas considerando um gradiente climático e a possibilidade de ocorrência das classes solos mais representativas da área de estudo, tomando-se como base o Mapa Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado Paraíba (Brasil, 1972) e o Zoneamento Agroecológico do Nordeste Brasileiro – ZANE (EMBRAPA, 2006), e classificação climática do IBGE, (adaptadao de Nimer, 1979).

As áreas foram selecionadas em três ordens de solos (Luvissolos Crômicos, Neossolos Regolíticos e Planossolos Nátricos) pela semelhança das suas características climáticas (Nilmer, 1979). Também se considerou duas zonas climáticas no estado da Paraíba, quente e semiúmido (Quente e semiúmido) com quatro a cinco meses secos por ano e quente e semiárido (Quente e semiárido) apresentando de nove a onze meses seco por ano, o uso atual do solo consta-se tabela 2.

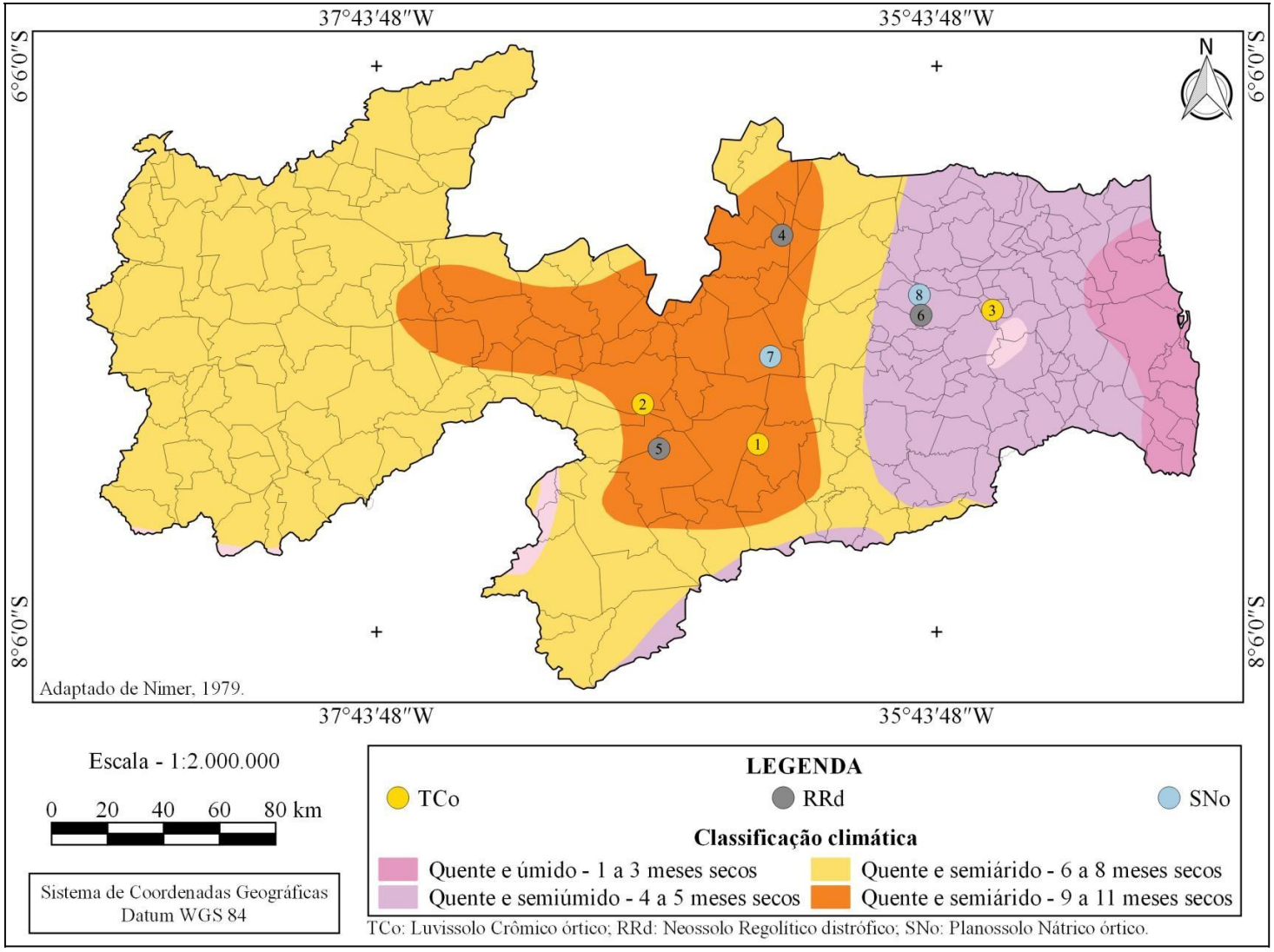

Figura 1. Distribuição dos perfis no estado da Paraíba.

Tabela 1. Classes de solo e a caracterização ambiental, das áreas de estudo.

Ordem de solo	Município	Coordenadas Geográficas		Classificação climática (Nimer, 1979)
		Latitude	Longitude	
Luvissolo	Cabaceiras	S - 7º 26’ 10,92”	W - 36º 22’6,63”.	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Taperoá	S - 7º 17’ 41,9”	W - 36º 46’45,0”	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Alagoinha	S - 6º 57’ 46,9”	W - 35º 31’51,5”.	Quente e semiúmido - 4 a 5 meses seco
Neossolo Regolítico	Picuí	S – 6º 41’ 51”	W – 36º 16’ 56,3”	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Serra Branca	S - 7º 27’ 8,24”	W - 36º43’17,27”.	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Remígio	S - 6º 58’ 49,1”	W - 35º 47’09,5”.	Quente e semiúmido - 4 a 5 meses seco
Planossolo Nátrico	Soledade	: S – 07º 07´35,5”	W – 36º19´25,5”.	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Areia/Arara	S-06º 54´31,2”	W-35º47´31,2”	Quente e semiúmido - 4 a 5 meses seco

Adaptado de Nimer, (1979)

Tabela 2. Caracterização do uso atual do solo.

Cidade/ Zona climática	Classe de solo	Uso atual	Relevo local
Areia/Quente e semiúmido	Planossolo	Pasto nativo, canela de urubu, malva, vassourinha de botão, relógio e cardeiro; ocorrência também de juazeiro, jurema preta, catingueira, mororó, rabo de cavalo e jurubeba, além de lavouras anuais (milho e feijão).	Ondulado
Soledade/ Quente e semiárido	Planossolo	Pasto nativo e caatinga hiperxerófila composta por gramíneas, cactáceas e espécies como pereiro, catingueira, jurema preta etc.	Plano
Alagoinha/ Quente e semiúmido	Luvissolo	Cana de açúcar nas áreas de várzea; pastagens, culturas anuais e pecuária nas encostas e reserva florestal nas áreas de topo.	Ondulado
Taperoá/ Quente e semiárido	Luvissolo	Caatinga aberta composta por pereiro, malva, marmeleiro, gramíneas, além de povoamento de algaroba.	Suave ondulado
Cabaceiras/ Quente e semiárido	Luvissolo	Caatinga aberta composta por pereiro, catingueira, palmatória, xique-xique, entre outros	Suave ondulado
Remígio/ Quente e semiúmido	Neossolo Regolítico	Culturas anuais, pastagem e frutíferas	Suave ondulado
Serra Branca/ Quente e semiárido	Neossolo Regolítico	Vegetação nativa, extração de areia para construção civil e pecuária	Plano
Picuí/ Quente e semiárido	Neossolo Regolítico	Pastagem, Pecuária, pousio.	Plano

Para localização das áreas com as características desejadas, algumas regiões do estado da Paraíba foram intensamente percorridas e, diversos perfis de solo foram abertos.

Nas áreas selecionadas foram abertas trincheiras com as seguintes dimensões: 1,50 m de comprimento; 1,30 m de largura e profundidade variável, de acordo com a profundidade de cada solo. Em cada trincheira foi efetuada a identificação dos horizontes dos perfis de solo e estes, coletados conforme Santos et. al., (2013). Na ocasião também foram recolhidos torrões de solo (amostras indeformadas) para determinação da densidade.

2.2. Atributos químicos analisados

Foram analisados os estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) nos perfis. Os estoques de C foram calculados através da formula:

$$Est.COS = C_{conc.} \times DS \times E \times 10.000 \times 0,001 \times FC \quad (1)$$

Onde:

Est.COS = estoque de carbono (Mg ha^{-1})

C_{conc} = concentração de C (kg Mg^{-1})

DS = densidade do solo (Mg m^{-3})

E = espessura da camada (cm);

FC = fator de correção (1 – (cascalhos% + pedras%) / 100).

A C_{conc} foi obtida através dos teores de carbono orgânico total (Yeomans & Bremner, 1988). Calculou-se a DS pelo método do torrão parafinado (EMBRAPA, 2011).

Os estoques de N foram calculados através da fórmula:

$$Est.NOS = N_{conc.} \times DS \times E \times 10.000 \times 0,001 \times FC \quad (2)$$

Onde:

Est.NOS = estoque de N (Mg ha^{-1})

N_{conc} = concentração de N (kg Mg^{-1})

DS = densidade do solo (Mg m^{-3})

E = espessura da camada (cm);

FC = fator de correção (1 – (cascalhos% + pedras%) / 100).

A concentração de N foi determinada por colorimetria em um auto analisador de fluxo contínuo (FIA), FIAlab-2500/2600/2700 System (Versão 1.0607), através dos teores de NO_3^- e NH_4^+, no Laboratório de Química do Solo e Matéria Orgânica, do Departamento de Solos de e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias da UFPB.

Nos dois primeiros horizontes de cada solo foi realizado o fracionamento físico da matéria orgânica do solo, a determinação da matéria orgânica leve (MOL) foi realizada segundo metodologia de Anderson & Ingram (1989). Pesou-se 50 g da amostra de terra fina seca ao ar (TFSA) em becker de 250 mL, onde foi adicionado 100 mL de solução de NaOH 0,1 mol L^{-1}. Em seguida o material foi deixado em repouso por 16 horas. Decorrido o tempo, foi agitado com bastão de vidro onde todo o material passou numa peneira de 0,25 mm, eliminando toda argila. O material retido foi transferido para peneira (MOL e areia) novamente para becker, sendo o volume completado com água. O material em suspensão foi passado em peneira de 0,25 mm, tomando o cuidado para separar a MOL da areia. Repetiu-se este procedimento até que todo material que suspendeu com a agitação em água fosse removido. O que ficou retido na peneira foi lavado e transferido todo material (MOL) para lata de alumínio e colocado em estufa à 65ºC até atingir peso constante. A determinação da MOL foi feita por diferença de peso, sendo: (lata + MOL) – lata.

O fracionamento físico granulométrico foi determinado segundo metodologia de Cambardella & Elliot (1992). Foi pesado 20 g de TFSA, sendo adicionado 60 mL de solução de hexametafosfato de sódio (5 g L^{-1}). As amostras foram homogeneizadas por 16 horas em agitador horizontal e após essa etapa, foi realizado o peneiramento das amostras utilizando peneira com malha de 53 µm. O material retido na peneira consistiu no carbono orgânico particulado (COp), associado a fração areia e o que passou na peneira correspondeu ao carbono orgânico associado ao silte + argila (COam). Todo o material que ficou retido na peneira foi transferido para placa de petri e seco em estufa (50º C) por 24 horas. Após essa etapa, o material foi moído em gral de porcelana e analisado o teor de carbono orgânico segundo metodologia (Yeomans & Bremner, 1988). O CO na COam foi obtido por diferença entre o CO do solo e aquele do COp.

2.3. Análise estatística

Os dados dos teores e estoques de C e N, do Coam, do COp e da MOL na camada superficial do solos analisados foram submetidos a análise de componentes principais (ACP) e agrupamento hierárquico de Ward (“Clustering”) (SAS University Edition, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise descritiva

Os teores de COp variaram entre os solos e os gradientes, sendo observado que o Planossolo apresentou maiores valores em clima Quente e semiúmido, e menores em clima Quente e semiárido, o Luvissolo apresentou maior valores em clima Quente e semiárido, enquanto que o Neossolo Regolítico apresentou valores crescentes conforme aumentou-se a umidade do clima (Tabela 3).

Os resultados do Planossolo e Neossolo Regolítico estão relacionados com o maior aporte de matéria orgânica, em função da maior disponibilidade de água e da cobertura vegetal com culturas anuais como milho, feijão e algumas frutíferas, tendo em vista que, de acordo com Antoneli & Francisquini (2015), a precipitação apresenta efeito direto na produção de serrapilheira.

Os valores mais elevados no Luvissolo em clima Quente e semiárido podem estar associado a grande produção de serrapilheira no ano de 2014, cuja precipitação anual chegou a 397 mm (AESA, 2014), seguido de um período de seca no ano de 2015, cuja precipitação anual chegou a 187,9 mm (AESA, 2015), que resultou na baixa atividade microbiana e, consequentemente, baixa redução da mineralização da serrapilheira. A resposta da deposição de serrapilheira a precipitação não é imediata (Scoriza & Piña-Rodrigues, 2014), demonstrando a importância de precipitações contínuas para a produção de biomassa e manutenção da deposição deste material. As condições de umidade e aeração do solo, como relatado por Camargo et al. (1993) e Nascimento et al. (2010), afetam a taxa de decomposição da MOS, observando-se que em condições de umidade ótima, resulta-se numa taxa relativamente alta, comparando-se à condições em que ocorre déficit de O_2, como solos alagados, que dificultam ou mesmo impede a decomposição da matéria orgânica.

Com relação aos teores de COam, constatou-se que no Planossolo, os resultados assemelham-se aos resultados do COp. No Luvissolo os maiores valores ocorreram no clima Quente e semiárido, e no Neossolo Regolítico os valores foram maiores no Quente e semiúmido (Tabela 3). Os resultados nos Planossolos e Neossolos Regolíticos também estão relacionados com a maior produção de serrapilheira, proporcionada pelo maior índice pluviométrico. Nos Luvissolos, os maiores teores de COam no clima Quente e semiárido, estão associados ao teor de silte e argila (46,6%) (Tabela 4), tendo em vista que o COam é

a fração da MOS associada a essas frações (Christensen, 1996), favorecendo uma maior proteção física da MOS, reduzindo a taxa de mineralização do COp.

Tabela3. Teores de Carbono Orgânico particulado (COp), Carbono Orgânico associado aos argilominerais (COam) e Matéria Orgânica Leve (MOL), no horizonte A de solos formados em diferentes gradientes climáticos.

Clima	Município	COp	Coam	MOL
		---------- g kg^{-1} ----------		
			Planossolo	
Quente e semiúmido	Areia	2,57 ± 0,231	3,99 ± 2,03	0,26 ± 0,03
Quente e semiárido	Soledade	0,32 ± 0,153	2,80 ± 0,88	0,68 ± 0,33
			Luvissolo	
Quente e semiúmido	Alagoinha	2,57 ± 0,330	4,84 ± 1,00	0,16 ± 0,04
Quente e semiárido	Taperoá	1,28 ± 0,321	8,08 ± 2,18	0,40 ± 0,04
Quente e semiárido	Cabaceiras	4,17 ± 0,058	4,64 ± 1,30	0,20 ± 0,01
			Neossolo Regolítico	
Quente e semiúmido	Remígio	3,69 ± 0,153	3,72 ± 1,53	0,22 ± 0,11
Quente e semiárido	Serra Branca	2,25 ± 0,058	4,28 ± 0,87	0,16 ± 0,06
Quente e semiárido	Picuí	0,64 ± 0,153	2,02 ± 1,46	0,10 ± 0,04

Os teores de MOL foram maiores do clima Quente e semiárido para o Quente e semiúmido no Planossolo, enquanto que no Neossolo Regolítico ocorreu o inverso. No Luvissolo, observou-se que os maiores valores ocorreram no Quente e semiárido e os menores em clima Quente e semiúmido (Tabela 3). Nos Planossolos esse fato pode ser explicado pelo favorecimento da decomposição devido as melhores condições de umidade para o ataque microbiano, de modo que os solos onde ocorrem uma menor precipitação acumulam por mais tempo a serrapilheira. Dentre os compartimentos da matéria orgânica do solo, a MOL pode ser considerada como compartimento lento dentro da dinâmica do C e N no solo (Leite, 2002).

Para os Luvissolos, os valores podem estar associado a maior fertilidade do solo no clima Quente e semiárido, onde mesmo com menor pluviosidade há um melhor aproveitamento pelos microrganismos.

Tabela4. Frações granulométricas do horizonte A de solos formados em diferentes gradientes climáticos.

Clima	Município	Areia	Silte	Argila
		g kg^{-1}		
			Planossolo	
Quente e semiúmido	Areia	798	95	107
Quente e semiárido	Soledade	731	161	108
			Luvissolo	
Quente e semiúmido	Alagoinha	494	318	188
Quente e semiárido	Taperoá	534	198	268
Quente e semiárido	Cabaceiras	605	268	127
			Neossolo Regolítico	
Quente e semiúmido	Remígio	692	201	107
Quente e semiárido	Serra Branca	842	90	68
Quente e semiárido	Picuí	933	11	56

Para os Planossolos os teores de COT em todos os horizontes foram superiores no clima Quente e semiúmido, onde o horizonte A apresentou 6,56 g kg^{-1}, no horizonte E, apenas o clima Quente e semiúmido apresentou teor de 4,79 g kg^{-1}, o clima muito Quente e semiárido não apresentou valores. Esse fato pode estar relacionado com os maiores valores de areia existente nesse solo. No horizonte Btn1 encontrou-se teor de 6,30 g kg^{-1}no clima Quente e semiúmido enquanto que no clima Quente e semiárido o teor não ultrapassou 3,93 g kg^{-1}, isso pode está relacionado com o maior aporte de vegetação no clima Quente e semiúmido durante uma maior parte do ano. No horizonte Btn2 no clima Quente e semiúmido apresentou teor de 4,52 g kg^{-1}, enquanto no clima Quente e semiárido o teor foi de 2,68 g kg^{-1}, os horizontes B apresentaram valores maiores possivelmente pela proteção física existente nesses horizontes por apresentarem elevados valores de argila. Os menores teores foram encontrados no horizonte C de cada solo, onde no clima Quente e semiúmido o ter foi de 1,77 g kg^{-1}.

Os Planossolos apresentaram estoques de C de 60,58 Mg ha^{-1}, no clima Quente e semiúmido, e de 46,20 Mg ha^{-1} no clima Quente e semiárido (Tabela 5). Os estoques mais elevados de C no clima Quente e semiúmido estão relacionados com a maior produção de biomassa vegetal, proporcionado pelo maior índice pluviométrico, que resultam em taxas mais elevadas de produção de serrapilheira, como verificado por Tognon et al. (1998). Também observa-se que os horizontes E, de ambos os solos, apresentaram os menores estoques, enquanto que os horizontes B apresentaram os maiores. Esses resultados estão relacionados com o processo de formação deste solo, que propicia a translocação da argila e matéria orgânica do horizonte E para o horizonte B, através dos processos de eluviação e iluviação, respectivamente.

Além da translocação direta da matéria orgânica para o horizonte B, o alto teor de argila desse horizonte favorece o aumento do estoque de C, por proteger o material orgânico da decomposição, ao apresentar menor disponibilidade de O_2, necessária para a respiração microbiana, estar ligado complexos humoargilosos ou sequestrado no interior de agregados do solo, como descrito por Brady & Weil (2013).

Nos Planossolos, os teores de NT foram superiores no clima Quente e semiúmido em todos os horizontes (Tabela 5), onde o horizonte A do Planossolo no clima Quente e semiúmido apresentou o maior valor com 0,036 g kg^{-1}, nesse horizonte do clima Quente e semiárido apresentou o menor valor quando comparado com os demais horizontes desse solo, com apenas 0,002 g kg^{-1}. No clima Quente e semiúmido o horizonte E com valor de 0,007 g kg^{-1} foi maior que esse horizonte no clima Quente e semiárido com 0,003 g kg^{-1}, quanto aos horizontes Btn1, os valores encontrados para os clima Quente e semiúmido e Quente e semiárido foram 0,016 g kg^{-1} e 0,006 g kg^{-1}, respectivamente. No Btn2 os valores encontrados para o clima Quente e semiúmido foi 0,017 g kg^{-1} e no clima Quente e semiárido 0,007 g kg^{-1}.

O Planossolo de clima Quente e semiárido apresentou teores mais elevados do que o Planossolo de clima Quente e semiúmido, independente do horizonte (Tabela 5). Os resultados de maiores estoques de N no Planossolo de clima Quente e semiárido estão relacionados com a espessura e a densidade dos horizontes, tendo em vista que os teores de N foram sempre inferiores. A espessura do horizonte relaciona-se diretamente com o volume de solo e, consequentemente, com o potencial de estoque de N. Com relação a densidade do solo, constata-se que o aumento desta tende a elevar o estoque de N, por reduzir a atividade microbiana, ao propiciar proteção física (Roscoe et al., 2006) e reduzir a disponibilidade de O_2 para processos oxidativos de decomposição (Camargo et al., 1999).

Tabela 5. Teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT), e estoques de Carbono (Est. C) e Nitrogênio (Est. N), em Planossolos formados em diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	Densidade do solo (g cm^{-3})	COT	NT	Est. C	Est. N
			---------- g kg^{-1} ----------		---------- Mg ha^{-1} ----------	
			Planossolo – Quente e semiúmido – Areia			
AP	0-5	1,63	6,56	0,036	4,84	0,002
E	5-10	1,65	4,79	0,007	3,54	0,003
Btn1	10-30	1,66	6,30	0,016	20,65	0,006
Btn2	30-60	1,69	4,52	0,017	22,52	0,007
Cr	60-90	1,73	1,77	0,005	9,03	0,016
			Planossolo – Quente e semiárido – Soledade			
A	0-10	1,76	3,12	0,002	4,91	0,003
E	10-16	1,69	0,00	0,003	0,00	0,016
Btng1	16-48	1,90	3,93	0,006	22,90	0,036
Btng2	48-72	1,93	2,68	0,007	18,39	0,048
Crn	72-99	-	0,62	-	-	-

Os Luvissolos apresentaram os maiores teores de C nos horizontes A (Tabela 6), independente do clima, contudo o solo do clima Quente e semiárido apresentou o maior teor 9,37 g kg^{-1}. O maior teor de C nas camadas superficiais resulta do aporte de material orgânico, proveniente da queda de folhas, galhos e da casca das árvores, que acaba formando uma manta orgânica, e também com a maior densidade de raízes finas (Gatto et al., 2010). Com relação ao maior teor em clima Quente e semiárido, pode estar ligado a uma maior fertilidade desse solo, que favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas (Meurer, 2007), produção de biomassa e consequentemente, no acúmulo de matéria orgânica.

No clima Quente e semiúmido também constatou-se maior teor de C nos horizontes BA (7,05 g kg^{-1}), quando comparado ao clima Quente e semiárido (5,20 g kg^{-1}), e no horizonte Btv (5,45 g kg^{-1}), quando comparado ao clima Quente e semiárido(3,48 g kg^{-1}). Esses resultados indicam que a grande diferença nos valores de precipitação, do clima Quente e semiúmido para o Quente e semiárido, influenciaram os teores de C do horizonte BA, contudo a melhor fertilidade do solo no Quente e semiárido, associado ao menor gradiente de precipitação, não permitiram que houve diferença com relação ao solo formado nesse clima. Apesar do Luvissolo no clima Quente e semiúmido ter apresentado maior teor de C no horizonte BA, quando comparado ao Luvissolo em clima Quente e semiárido, como visto anteriormente, o mesmo não ocorreu para o horizonte Btv, provavelmente em função da maior disponibilidade de água nesse horizonte, tendo em vista que a mesma é necessária no processo de mineralização da MOS.

Os Luvissolos apresentaram no horizonte A estoques de C de 29,69 Mg ha^{-1}, no clima Quente e semiúmido, de 16,41 Mg ha^{-1} no Quente e semiárido de Taperoá e 11,62 Mg ha^{-1} no clima Quente e semiárido de Cabaceiras (Tabela 6). Os estoques mais elevados de C no clima Quente e semiúmido estão relacionados com a formação de um horizonte A mais espesso (25 cm), em relação aos solos formados nos demais climas, uma vez que o teor de C nesse horizonte foi inferior. Com relação ao horizonte BA, constata-se que o maior estoque no Luvissolo em clima Quente e semiúmido está relacionado com o maior teor de C, tendo em vista o Luvissolo do clima Quente e semiárido apresenta maior espessura.

No horizonte Btv os valores do clima Quente e semiúmido foram superiores aos solos de clima Quente e semiárido. Esses resultados também estão associados ao teor de C e a espessura do horizonte. O horizonte C/Cr do clima Quente e semiúmido se apresentou com o maior estoque de C (55,61 Mg ha^{-1}), este valor está relacionado com a camada do solo que tem 61 cm de espessura.

Na tabela 6, também constata-se que o Luvissolo do clima Quente e semiúmido apresentou estoque de C de 135,11 Mg ha^{-1}, sendo que o horizonte C/Cr foi o responsável por 41 % desse valor, ou seja, 55,61 Mg ha^{-1}. Um conjunto de fatores contribuiu com o maior estoque de C nesse horizonte, destacando-se o índice pluviométrico adequado para translocar a matéria orgânica dentro do perfil e a menor disponibilidade de O_2, como ocorrido no Planossolo formado no mesmo clima.

Nos Luvissolos os maiores teores de Nt foram encontrados no clima Quente e semiárido da cidade de Taperoá (Tabela 6), onde no primeiro horizonte dessa cidade apresentou valor de 0,096 g kg^{-1}, seguido pelo solo de Cabaceiras 0,037 g kg^{-1}, o clima Quente e semiúmido apresentou o menor valor nesse horizonte com 0,003 g kg^{-1}. Apenas o clima Quente e semiúmido e o solo de Cabaceiras do clima Quente e semiárido apresentaram o horizonte BA, onde o maior teor foi no clima Quente e semiárido com 0,006 g kg^{-1} e o clima Quente e semiúmido o valor foi 0,002 g kg^{-1}, o outro Luvissolo do clima Quente e semiárido apresentou horizonte AB com teor de 0,011 g kg^{-1}. No horizonte Btv o maior valor foi encontrado ainda no Quente e semiárido de Taperoá 0,028 g kg^{-1} seguido pelo clima Cabaceiras com 0,006 g kg^{-1} e o clima Quente e semiúmido mais uma vez, apresentou o menor valor com 0,002g kg^{-1}. O solo do clima Quente e semiúmido apresentou horizonte C/Cr com teor de N de 0,004 g kg^{-1}, sendo esse o maior valor desse solo. No clima Quente e semiárido do solo de Taperoá o horizonte CB com teor de 0,004 g kg^{-1},sendo esse o menor valor desse solo, já no clima Quente e semiárido de Cabaceiras apresentou horizonte BC com valor de 0,009 g kg^{-1}.

Nos Luvissolos os maiores teores de NT foram encontrados no Quente e semiárido da cidade de Taperoá (Tabela 6), onde no primeiro horizonte do solo sob esse clima apresentou valor de 0,096 g kg^{-1}, seguido pelo Luvissolo localizado na cidade de Cabaceiras desse mesmo clima com 0,037 g kg^{-1}, o clima Quente e semiúmido apresentou o menor valor de NT nesse horizonte com 0,003 g kg^{-1}. Apenas o solo de climas Quente e semiúmido de Alagoinha e o solo de Cabaceiras de clima Quente e semiárido apresentaram o horizonte BA, onde o maior teor foi no clima Quente e semiárido com 0,006 g kg-1 e o clima Quente e semiúmido o valor foi 0,002 g kg^{-1}, o outro solo do Quente e semiárido apresentou horizonte AB com teor de 0,096 g kg^{-1}. No horizonte Btv o maior valor foi encontrado ainda no solo de Taperoá de clima Quente e semiárido com 0,028 g kg^{-1} seguido pelo de Cabaceiras de mesmo clima com 0,006 g kg^{-1} e o clima Quente e semiúmido mais uma vez apresentou o menor valor com 0,002 g kg^{-1}. O solo do clima Quente e semiúmido apresentou horizonte C/Cr com teor de 0,004 g kg^{-1}, sendo esse o maior valor desse solo. No clima Quente e semiárido de Taperoá o horizonte CB apresentou o teor de NT de 0,004 g kg^{-1}, sendo esse o menor valor desse solo, já o solo de Cabaceiras (Quente e semiárido), apresentou horizonte BC com valor de 0,009 g kg^{-1}.

Para os estoques de N, constata-se que os maiores valores ocorreram no Luvissolo de Taperoá (Quente e semiárido), em todos horizontes, destacando-se os horizonte Btv e A com 0,191 e 0,168 Mg ha^{-1}, respectivamente (Tabela 6). Os resultados, além de estarem relacionados com a combinação da espessura, densidade do solo e teor de NT no clima Quente e semiárido, também podem estar relacionados com a melhor qualidade do material de origem desse solo, que originou um solo mais fértil e propicio para formação de maior quantidade de biomassa vegetal, mesmo apresentando menor disponibilidade de água do que o Luvissolo de clima Quente e semiúmido.

Tabela 6.Teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT), e estoques de Carbono (Est. C) e Nitrogênio (Est. N), em Luvissolos formados em diferentes gradientes climáticos**.**

Horizonte	Camada (cm)	Densidade do solo (g cm^{-3})	COT	NT	Est. C	Est. N
			g kg^{-1}		Mg ha^{-1}	
			Luvissolo – Quente e semiúmido – Alagoinha			
A	0-25	1,65	7,41	0,003	29,69	0,011
BA	25-36	1,62	7,05	0,002	12,10	0,004
Btv	36-79	1,62	5,45	0,002	37,71	0,017
C/Cr	79-140	1,75	5,27	0,004	55,61	0,043
			Luvissolo – Quente e semiárido – Taperoá			
A	0-11	1,74	9,37	0,096	16,41	0,168
AB	11-24	1,70	3,39	0,011	6,80	0,023
Btv	24-63	1,79	3,48	0,028	23,95	0,191
CB	63-89	1,71	3,21	0,004	14,11	0,018

Cn	89-123	1,68	1,16	0,005	6,35	0,025
			Luvissolo – Quente e semiárido – Cabaceiras			
A	0-10	1,36	8,82	0,037	11,62	0,049
BA	10-22	1,65	5,20	0,006	9,49	0,010
Btv	22-48	1,81	5,73	0,006	17,54	0,027
BC	48-60	1,80	3,79	0,009	11,76	0,018
Crn	60-110	-	3,17	0,008	-	-

Nos Neossolos Regolítico, os teores de C no Horizonte A se elevaram do clima Quente e semiárido (Picuí) para o clima Quente e semiúmido, com valores de 2,66 a7,41 g kg^{-1}, respectivamente. Esses valores estão relacionados com a disponibilidade de água, onde precipitações mais elevadas resultam em maior formação de biomassa e matéria orgânica, e com a textura (Tabela 7), que tendem a apresentar maior proteção ao C conforme se eleva os valores das frações silte e argila. De acordo com Soares et al. (2008), os maiores teores de C no solo estão associados à fração argila. Também constatou-se que o horizonte AC apresentou teor de 2,59 g kg^{-1}, inferior aos encontrados nos horizontes Ap e C1, indicando que este horizonte por não conter a mesma quantidade de sistema radicular que o superficial, e estar sujeito a maior velocidade de infiltração que o horizonte abaixo, apresenta maior perda de C por lixiviação que os demais.

Ao comparar os teores de C nos horizontes CA dos Neossolos Regolíticos formados em clima Quente e semiárido em Picui e Serra Branca, constata-se valores de 3,26 g kg^{-1} e 3,37 g kg^{-1}, respectivamente. No horizonte C1 os teores de C decaíram do clima Quente e semiúmido para Quente e semiárido, com valores que foram de 4,94 para 2,66 g kg^{-1}, enquanto que no horizonte C2 o maior teor ocorreu no clima Quente e semiárido (Serra Branca), (1,85 g kg^{-1}) e o menor em clima Quente e semiúmido(1,43 g kg^{-1}). Com relação ao horizonte C3, observa-se a redução do teor com a queda no índice pluviométrico. Os baixos teores de C nos horizontes mais profundos estão relacionados com o alto teor de areia nesse solo, que permite uma aeração do perfil e, consequentemente, maior atividade microbiana em relação aos demais solos estudados.

Os Neossolos Regolítico apresentaram no horizonte A estoques de C de 13,07 Mg ha^{-1} no clima Quente e semiúmido, de 12,52 Mg ha^{-1} no clima Quente e semiárido (Serra Branca) e 6,19 Mg ha^{-1} no mesmo clima (Picuí), (Tabela 7). Os resultados crescentes no estoque de C neste horizonte relaciona-se com o índice pluviométrico, tendo em vista que os valores são influenciados pela quantidade de serrapilheira depositada no sistema, cuja produção é sazonal (Godinho et al., 2014), sendo maior durante a estação seca e a menor durante a estação chuvosa (Silva et al., 2007).

O clima Quente e semiárido apresentaram horizonte CA no dois solos estudados com estoques de 11,98 Mg ha^{-1}(Serra Branca) e 10,48 Mg ha^{-1}(Picuí), o clima Quente e semiúmido apresentou horizonte AC com estoque de 7,77 Mg ha^{-1}. Estes horizontes apresentam espessura semelhante, de modo que o estoque foi influenciado principalmente pelo teor de C, por isso os horizontes CA contém valores relativamente próximos, enquanto que o horizonte AC tem estoque menor.

Para os Neossolos Regolíticos nos horizontes superficiais, os teores de NT foram maiores no clima Quente e semiárido nos dois locais avaliados (Serra Branca e Picuí) que no clima Quente e semiúmido, com valores de 0,006 e 0,005g kg^{-1}, respectivamente. Apenas os solos de Serra Branca e Picuí de clima Quente e semiárido apresentaram horizonte CA, sendo que no solo de Serra Branca o estoque é maior (0,007 g kg^{-1}). No horizonte C1 o maior teor foi encontrado em Picuí no clima Quente e semiárido, com 0,006 g kg-1, seguidos pelos climas Quente e semiúmido e Quente e semiárido (Serra Branca), ambos com 0,004 g kg^{-1}.

Conforme observa-se na tabela7, os estoques de N elevaram-se com aumento da profundidade, até o penúltimo horizonte, a partir do qual decresceu. Tal observação está relacionado, tanto com o aumento da densidade do solo, quanto a espessura da camada do solo, que proporcionaram altos valores nos horizontes abaixo, pois os teores de N mantiveram-se próximos dentro do perfil.

Quando compara-se as zonas climáticas, observou-se que os maiores estoques de N foram observados no clima Quente e semiárido (Serra Branca), quando levou-se em consideração os três horizontes mais superficiais, enquanto que nos demais horizontes, os maiores estoques foram observados no clima Quente e semiúmido. Essa informação é interessante pelo ponto de vista de que esse N está numa posição pouca acessível, e dessa forma pouca possibilidade de perda para a atmosfera na forma de óxido nitroso.

Tabela 7. Teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT), e estoques de Carbono (Est. C) e Nitrogênio (Est. N), em Neossolos Regolíticos formados em diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	Densidade do solo (g cm^{-3})	COT	NT	Est. C	Est. N
			g kg^{-1}		Mg ha^{-1}	
			Neossolo Regolítico – Quente e semiúmido – Remígio			
Ap	0-14	1,30	7,41	0,004	13,07	0,007
AC	14-37	1,33	2,59	0,003	7,77	0,010
C	37-70	1,44	4,94	0,004	22,81	0,017
Cn1	70-130	1,47	1,43	0,006	12,38	0,049
Cn2	130-150+	1,43	3,30	0,007	13,93	0,028
			Neossolo Regolítico – Quente e semiárido – Serra Branca			
A	0-12	1,60	6,53	0,006	12,52	0,012
CA	12-35	1,60	3,26	0,007	11,98	0,025
C1	35-100	1,59	3,44	0,004	35,44	0,045
C2	100-160	1,66	1,85	0,004	18,41	0,035
R/Cr	160-190+	-	-	-	-	-
			Neossolo Regolítico – Quente e semiárido– Picuí			
A	0-15	1,59	2,66	0,005	6,19	0,008
CA	15-35	1,59	3,37	0,004	10,48	0,013
C1	35-110	1,52	2,66	0,006	29,21	0,027
C2	110-155	1,65	1,60	0,005	10,82	0,042
C3	155-195	1,70	0,71	0,004	4,39	0,015

3.2. Análises multivariadas

Análise multivariada Com base na tabela 8, o COT obteve correlação positiva com as variáveis EstC (0,53) N total (0,62), EstN (0,61), COp (0,68) e Coam (0,83), enquanto que o EstC obteve correlação positiva com o Coam (0,5). O NT obteve correlação positiva com o EstC (0,96) e o Coam (0,85), enquanto que o EstN obteve correlação positiva com o N total (0,96) e Coam (0,89). O COp obteve correlação negativa com MOL (-0,49).

A correlação positiva observada entre o EstC e o COT indica forte dependência do EstC pelo COT, por ele ser um dos fatores determinantes no EstC; com relação ao EstC e o Coam, observa-se que a fração COam representa a fração de C menos susceptível à degradação em virtude de proteção física (Inda Junior et al., 2007), e dessa forma, a que mais contribui para o EstC no solo.

Com relação ao COT e ao NT, observa-se que o aumento do teor de COT permite maior disponibilidade de alimento para os microrganismos e assim maior potencial de mineralização e liberação das formas minerais de N ao solo. O NT participa essencialmente na estimativa do EstN, o que reflete a alta correlação entre eles, enquanto que, com o COam, pode-se dizer que maior parte do N esteja adsorvido a fração organo-mineral, como observado por Sá et al. (2011), e a fração organo-mineral esteja contribuindo para a CTC e CTA, para o $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$, respectivamente, devido a

presença de ânions carboxilatos, e estes estarem aptos a adsorverem cátions e ânions numa ampla faixa de pH (Sposito, 1984).

A correlação positiva e alta entre o COp e o COT reflete a participação do COp no COT, que indica que grande parte do COT presente nos solos estudados estão numa forma intermediária de decomposição, o que refletiu também numa correlação negativa entre o COp e a MOL, indicando que o material em estágio inicial de decomposição possuem uma elevada labilidade. Enquanto que a relação entre a alta correlação entre o COT e o Coam reflete o estádio de humificação do C nos solos de estudo, indicando que boa parte dele encontra-se associado aos minerais.

Tabela 8. Matriz de correlação entre o estoque de C (EstC), teor de N total (NT), estoque de N (EstN), carbono orgânico particulado (COp), carbono orgânico associado aos argilominerais (Coam) e matéria orgânica leve (MOL) nos horizontes A dos solos estudados.

	EstC	Ntotal	EstN	COp	COam	MOL
COT	**0,5368**	**0,6253**	**0,6113**	**0,6838**	**0,8305**	-0,2105
EstC		0,0490	0,1776	0,2947	**0,5018**	-0,3090
NT			**0,9695**	-0,0076	**0,8510**	0,1799
EstN				-0,0882	**0,8936**	0,1948
COp					0,1616	**-0,4930**
Coam						0,0914

A análise de componentes principais apontou a presença de componentes principais de alta variância acumulada (80,5%), sendo que o primeiro componente (CP1) correlacionou-se mais com o COT, NT, EstN e COam com coeficientes entre 0,45 e 0,51, enquanto que apresentou correlação baixa e negativa com o MOL (-0,017). O segundo componente (CP2) correlacionou-se mais com o COp e o MOL, apresentando os autovalores de -0,562 e 0,556, respectivamente.

Tabela 9. Autovalores (Λi), variância percentual acumulada (%λi), e autovetores do estoque de C (EstC), teor de N total (NT), estoque de N (EstN), carbono orgânico particulado (COp), carbono orgânico associado aos argilominerais (Coam) e matéria orgânica leve (MOL) nos horizontes A dos solos estudados.

CP	**Λi**	**% λi**	**Autovetores**						
			COT	**EstC**	**NT**	**EstN**	**COp**	**Coam**	**MOL**
1	3.628	51,8	**0,475**	0,255	**0,452**	**0,462**	0,170	**0,512**	-0,017
2	2.008	80,5	-0,252	-0,358	0,293	0,300	**-0,562**	0,088	**0,555**

O CP1 refletiu as variáveis que melhor correlacionaram entre si, como COT e Coam, e o Coam com NT e o EstN. Essas variáveis representam o grau de decomposição da MOS,

visto que em avançado grau, contribuem efetivamente para o COam, e fornecem o N mineral ($N\text{-}NO_3^-$ e $N\text{-}NH_4^+$) para o solo, refletindo-se os teores no EstN mineral, assim apresentando uma boa correlação entre si, e elevados autovalores nesse componente.

O CP2 reflete o potencial do COp e do COT em ser mineralizado, em que observa-se que, o COp é uma fração lábil de C, dessa forma, podendo-se dizer que a forma predominante de C nos solos de estudo são formas associadas aos minerais (COam).

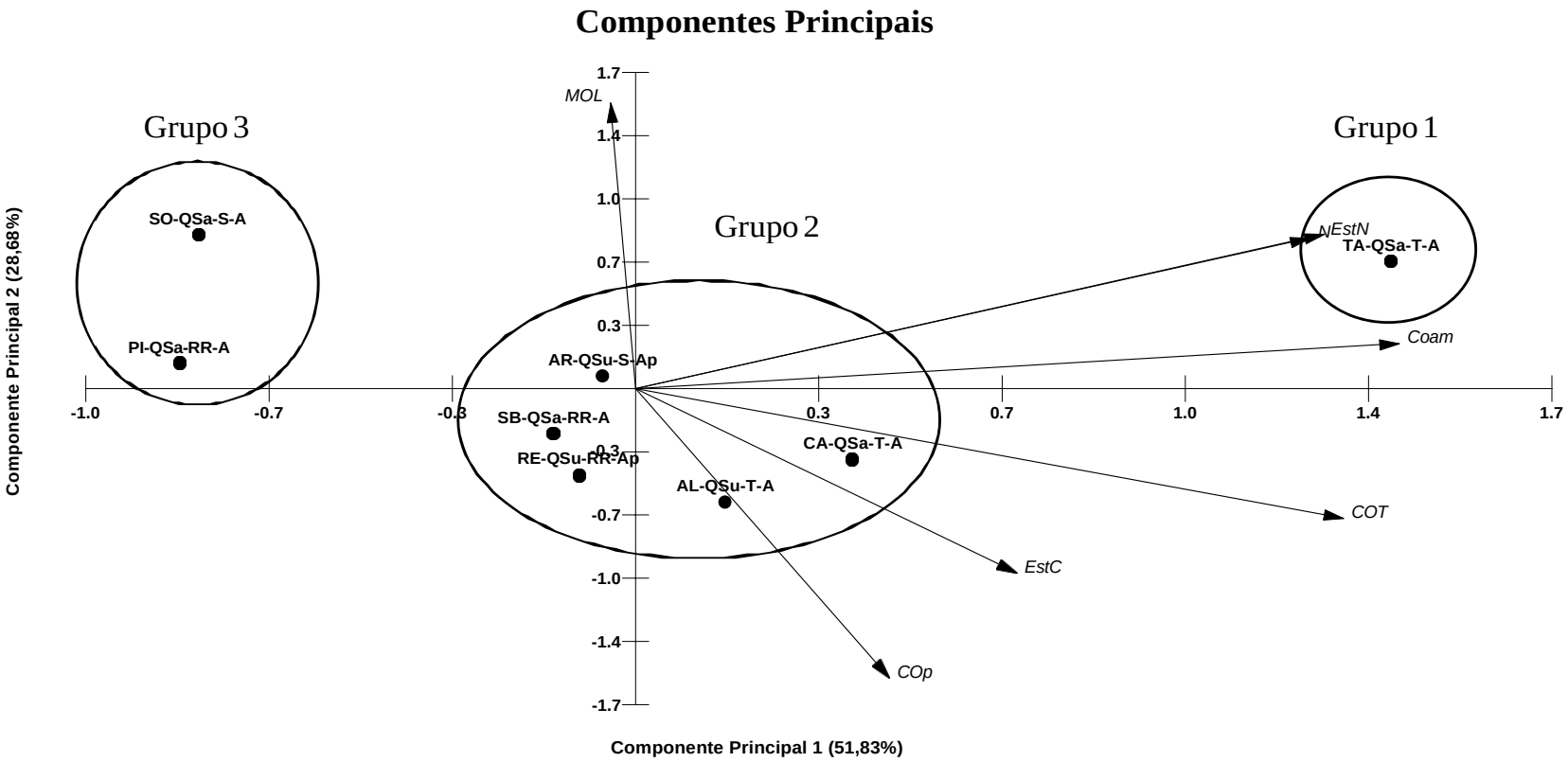

Figura 2. Padrão dos componentes 1 e 2 para as variáveis COT, EstC, NT, EstN, COp, Coam e MOL.

Quanto a figura e a análise de agrupamento, observou-se a formação de um grupo principal, composto por 7 horizontes, no qual o horizonte A do Luvissolo de clima Quente e semiárido (Taperoá) não foi agrupado junto, por apresentar altos valores de NT, EstN e COam (Figura 2).

Com relação ao grupo principal, formado pelos demais horizontes, ainda se dividiram em dois subgrupos, sendo primeiro representado pelos horizontes A do Neossolo Regolítico do clima Quente e semiárido (Picui) e do Planossolo de clima Quente e semiárido, observando que nesses solos apresentaram os menores valores de COT, COp e COam nos horizontes superficiais, relatando a influência do clima Quente e semiárido na redução do aporte de resíduos orgânicos, e consequente contribuição para a matéria orgânica do solo (Figura 2).

Com relação ao segundo subgrupo, formado pelos demais horizontes: Luvissolo de clima Quente e semiárido (Cabaceiras) e Quente e semiúmido, Neossolo Regolítico de clima Quente e semiúmido e Quente e semiárido (Serra Branca) , e o Planossolo do clima Quente e semiúmido, observaram-se os valores intermediários de COT, EstN, COp, COam e MOL entre o subgrupo anterior e o Luvissolo de clima Quente e semiárido (Taperoá), (Figura 2)

4. CONCLUSÕES

1. Nos Planossolos, os teores de COT, NT, COp e Coam foram superiores no clima Quente e semiúmido, não observando-se diferença quanto aos estoques de C, enquanto que os teores de MOL e o estoque de N foram superiores no clima Quente e semiárido.

2. Nos Luvissolos, os teores de COT, NT e estoque de N seguiram a seguinte ordem: Quente e semiárido (Taperoá) > Quente e semiárido (Cabaceiras) > Quente e semiúmido, enquanto que o estoque de C foi maior no clima Quente e semiúmido.

3. Nos Neossolos Regolíticos, os teores de COT, COp e MOL foram superiores no clima Quente e semiúmido, enquanto que os estoques de C e N, e o COam foram superiores em clima Quente e semiárido (Serra Branca).

4.Os grupos formados com base nos estoque de C e de N distinguiram-se em função do clima e da ordem de solo, tornando-se possível discriminar combinações com os maiores estoques.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDERSON, J.M. & INGRAN, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1989. 171p.

ALBRECHT, A. & KANDJI, S.T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, v.99, p.15-27, 2003.

ALVES, E.U.; PAULA, R.C.; OLIVEIRA, A.P.; BRUNO, R.L.A. & DINIZ, A.A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. Revista Brasileira de Sementes, v.24, n.1, p.169-178, 2002.

ANTONELI, V. & FRANCISQUINI, V. Influência de alguns elementos climáticos na produção de serrapilheira em um reflorestamento de *pinus* na FLONA (Floresta Nacional) de Irati- PR. Caderno de Geografia, v.25, p.176-190, 2015.

ARAÚJO-FILHO, J.A. Caatinga: agroecologia versus desertificação. Ciência Hoje, v.30, p.44-45, 2002.

BRADY, N.C. & WEIL, R.R. Elementos da Natureza e Propriedades do Solo. Porto Alegre: Bookman, 3 ed. 2013. 685 p.

BURGER, D. M.. Modelos alométricos para a estimativa da fitomassa de mata Atlântica na Serra do Mar, SP. São Paulo: USP, 2005. 112p. (Tese de Doutorado em Ciências)

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal, v.56, p.777-783, 1992.

CAMAGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; PASSUELLO, R.O.P. & FERREIRA, A.B.B. Produção de ácidos orgânicos voláteis com a adição de palha de arroz em glei sob condições anaeróbicas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.17, p.337-342, 1993.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.575-579, 1997.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A. & ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. Ciência Rural, v.29, p.171-180, 1999.

COSTA, A.A. Teor e estoque de C, Nt, Ca e Mg em solos de diferentes agrossistemas: bioma Semi-arido e bioma Cerrado. Enciclopédia Biosfera, v.7, p.1-12, 2011.

CHRISTENSEN, B.T. Carbon in primary and secundary organomineral complexes. IN: CARTER, M.R. & STEWART, B.A. (Eds.). Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton: CRC Lewis, 1996, p. 97-165.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A.A.; ARANTES, L.O.; OLIVEIRA, D.M. & NERY, F.C. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. Ciência e Agrotecnologia, v.32, p.438-443, 2008.

FRAGA, V.S. & SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. Soil Science Society of America Journal, v.68, p.215-224, 2004.

GALVÃO, S.R. & SALCEDO, I.H. Soil phosphorus fraction in sandy soils amended with cattle manure for long periods. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.613-622, 2009.

GALVÃO, S.R.; SALCEDO, I.H. & OLIVEIRA, F.F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.99-105, 2008.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. & VILLANI, E.M.A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de Eucalipto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.1069-1079, 2010.

GIONGO, V.; CUNHA, T.J.F.; MENDES, A.S.M. & GAVA, C.A.T. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, p.1233-1253, 2011.

GODINHO, T.O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J.P. & TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada. Cerne, v.20, p. 11-20, 2014.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; BRAGA JÚNIOR, J.M.; VIANA, J.S. & COLARES, P.N.Q. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. Revista Árvore, v.34,p.57-64, 2010.

INDA JUNIOR, A.V.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; BOENI, M.; SALTON, J.C. & TONIN, A.T. Variáveis relacionadas à estabilidade de complexos organo-minerais em solos tropicais e subtropicais brasileiros. Ciência Rural, v.37, p.1301-1307, 2007.

KÖPPEN, G. W. & GEIGER, M. R. 1936. Handbuch der Klimatologie. Berlin, 44p.

LIMA, J.D.; ALMEIDA, C.C.; DANTAS, V.A.V.; SILVA, B.M.S. & MORAES, W.S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* mart. Ex. Tul. (*Leguminosae, Caesalphinoideae*). Revista Árvore, v.30, p.523-518, 2006.

MEDEIROS, J.S.; OLIVEIRA, F.H.T.; SANTOS, H.C; ARRUDA, J.A. & SILVA, M.V. Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. Revista Ciência Agronômica, v.45, p.417-426, 2014.

MENEZES, R.S.C. & SAMPAIO, E.V.S.B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA,L.M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., (orgs). Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002. p.249-260.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.;

CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, 2007. p. 65-90.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Ecologia do Solo: Fatores ambientais (físico-químicos) que afetam os microrganismos. In. MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006. p.83-162.

NASCIMENTO, P.C.; LANI, J.L.; MENDONÇA, E.S.; ZOFFOLI, H.J.O. & PEIXOTO, H.T.M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.339-348. 2010.

NIMER, E., 1979. Climatologia do Brasil. SUPREN/IBGE. Volume 4.

PACHECO, M.V.; MATOS, V.P.; FERREIRA, R.L.C.; FELICIANO, A.L.P. & PINTO, K.M.S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). Revista Árvore, v.30,p.359-367, 2006.

ROSCOE, R.; MADARI, B.E. & MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento físico do solo na obtenção de compartimentos mensuráveis para uso em simuladores da dinâmica da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. & SALTON, J.C. (Eds). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.107-132.

SÁ, J.C.M.; CARDOSO, E.G.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A.O.; BORSZOWSKEI, P.R.; SANTOS, J.B.; MASSINHAM, A.; FERREIRA, C.F.; SIUTA JÚNIOR, D.; BARANEK, E.J.; PICCOLO, M.C.; PAVEI, M. & URQUIAGA, S. Nitrogen dynamics in soil management systems. I - Flux of inorganic nitrogen (NH_4^+ and NO_3^-). Revista Brasileira Ciência do Solo, v.35, p.1641-1649, 2011.

SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga. In. SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.419-442.

SANTANA, M.S.; FERRÃO, N.G.M.; LUCENA, E.H.L.; ANDRADE, I.G.V.; ALMEIDA, L.E.S. & GIONGO, V. Efeito da Mudança do Uso da Terra nosEstoques de Carbono e Nitrogênio emSolos do Semiárido Pernambucano. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. Experiências e oportunidades para o desenvolvimento. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. 6p.

SANTOS, H.C.; OLIVEIRA, F.H.T.; SALCEDO, I.H.; SOUZA, A.P. & SILVA, V.D.M. Kinetics of phosphorus sorption in soils in the state of Paraiba. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.1301-1310, 2011.

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. 7.ed. (Revisada e Ampliada) Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2015.101p.

SAS INSTITUTE INC.SAS University Edition: installation guide for Windows. Cary: SAS Institute, 2014.

SCORIZA, R.N. & PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de floresta estacional em Sorocaba, SP. Revista Floresta, v.44, p.687-696, 2014.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ,G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUSA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B.; SILVA, A.B. & ARAÚJO FILHO, J.C. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/Recife: EMBRAPA-CNPS, 1993. (Coordenadoria Nordeste, v.2)

SILVA, F.F.S. & DANTAS, B.F. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. Revista Sodebras, v.8, p.40-43, 2013.

SILVA, C.J.; SANCHES, L.; BLEICH, M.E.; LOBO, F.A. & NOGUEIRA, J.S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. Acta Amazonica, v.37, p.543-548, 2007.

SOARES, E.M.B.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O.; BETTIOL, W. & BELIZÁRIO, M.H. Frações da matéria orgânica de Latossolo sob influência de doses de lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.1231-1240, 2008.

SPOSITO, G. The surfasse chemistry of soils. Oxford: Oxford University Press. 1984. 234p.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.L.I. &DEMATTÊ, J.A.M. Teor e distribuição da matéria orgânica em Latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. Scientia Agricola, v.55, p.343-354, 1998.

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

CAPITULO III

FELIX, E.S. **Relação de pedoambientes com as formas de nitrogênio (N) e fósforo (P) em classes de solos do Estado Paraíba**. Areia-PB: UFPB, 2016. p. 47-76. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo)

RESUMO:O gradiente climático é um fator de formação essencial à disponibilidade de N, C e P no solo,que influência no crescimento e desenvolvimento das culturas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a influência do gradiente climático nas formas de N e P em distintos pedoambientes do Estado da Paraíba. Foram selecionadas oito áreas considerando um gradiente climático dentro do estado em três ordens de solos, onde foram abertas trincheiras, identificados os horizontes e coletados amostras para análises em todos os horizontes presentes, independente da ordem de solo e zona climática. Foram avaliados os teores da fração de P (P-Al, P-Fe e P-Ca) e de N mineral (NH_4^+e NO_3^-) em três ordens de solo e duas zonas climáticas. Os maiores teores das frações de P foram encontrados no Luvissolo do clima Quente e semiárido (Taperoá), sendo que predominou P-Al e P-Fe, isto pode estar relacionado com os baixos valores de Ca^{2+} e pH do solo, tendo em vista que P-Al e P-Fe em solos mais desenvolvidos enquanto que as P-Ca predomina em solos alcalinos, quanto as frações de N os teores foram considerados baixos em todos os solos e horizontes, apenas o Luvissolo do clima Quente e semiárido seco teve maiores teores de nitrato, devido ao acúmulo de matéria orgânica proveniente da serrapilheira, Com aumento da precipitação pluviométrica ocorre um aumento nas frações de P e N em todo perfil do Planossolo; no Luvissolo, o material de origem influenciou mais que a precipitação pluviométrica. As frações de P e de N foram influenciadas pela precipitação pluviométrica.

Palavras chaves: Gradiente climático; Nitrato; Fosfato.

FELIX, E. S. **Pedoenvironmental relationship with the nitrogen (N) and phosphorus (P) forms in soil classes of Paraiba State.** Areia-PB: UFPB, 2016. p. 48-71. (Master's Thesis in Soil Science)

ABSTRACT: The climatic gradient is a factor essential for the availability of N, C and P in the soil, that influence the growth and development of crops. In this context, the objective was to evaluate the influence of climate gradient in the forms of N and P in different pedoambientes the Paraíba State. Were selected eight areas considering a climate gradient within the State in three soil orders, where trenches were opened, the horizons identified, and collected samples for analysis in all present horizons, regardless of soil order and climatic zone. The total concentration of the fraction of P (P-Al, Fe-P and P-Ca) and mineral nitrogen (NH_4^+ and NO_3^-) in three soil orders and two climate zones. The highest levels of P fractions were found in the hot and semi-arid climate in Luvisol (Taperoá), and predominated P-Al and P-Fe, this may be associated with low levels of Ca^{2+} and pH of soil, considering that P-Al and P-Fe are higher in most developed soils, while the P-Ca predominates in alkaline soils; the N fractions contents were low in all soils and horizons, only the hot and semi-arid climate in Luvisol had higher nitrate levels, due to the accumulation of organic matter from leaf litter. With the increase of rainfall, occurs an increase in fractions of P and N in all Planosol profile; in Luvisol, the parental material influenced more than rainfall. The fractions of P and N were influenced by rainfall.

Key words: climate gradient; Nitrate; Phosphate.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos solos do Semiárido brasileiro apresenta baixos níveis de nitrogênio (N), tendo em vista os baixos teores de carbono orgânico (0,93%) (Salcedo & Sampaio, 2008), e de fósforo (P) (Menezes et al., 2005), representando um problema para o crescimento e desenvolvimento das plantas, por serem necessários para formação dos cloroplastos, síntese protéica, síntese da clorofila (Abreu et al., 2002; Cantarella, 2007), respiração, função celular, transferência de genes, reprodução e fotossíntese (Stauffer & Sulewski, 2004). Neste contexto, verifica-se que estes nutrientes são considerados limitantes para produção de biomassa na região.

As formas de N resultantes da mineralização da matéria orgânica são o nitrato (NH_4^+) e o amônio (NO_3^-), onde o NO_3^- é a forma mais absorvida pelas plantas na maioria dos solos (Stevenson, 1986) e o NH_4^+geralmente é rapidamente oxidado a nitrato por bactérias nitrificadoras, ou retido nas partículas de argila (Brady & Weil, 2001).A baixa adsorção do NO_3^- aos coloides do solo pode proporcionar sua lixiviação pela percolação de água no perfil do solo, principalmente nos solos de textura arenosa(Epstein & Bloom, 2006).

As formas de fósforo no solo distribuem-se de acordo com a natureza química do ligante (Fe, Al, Ca, argilas silicatadas, óxidos e etc.) e a energia de ligação, que ocorre entre o solo e este elemento. Os estudos realizados com fracionamento de Hedley (Hedley et al., 1982) demonstra que as frações orgânicas e inorgânicas de P no solo podem atuar como fonte ou dreno para solução do solo, isso vai depender de suas características mineralógicas, das condições ambientais, da fertilização e do manejo. Onde o P é influenciado pelos atributos físicos e químicos do solo, uma vez que estes contribuem de forma expressiva ao interagirem com os resíduos orgânicos (Aita & Giacomini, 2007).

Os teores de NO_3^- e NH_4^+, assim como os teores de P em cada fração, são dependentes das condições climáticas. Dentre as condições que mais interferem nesses teores destes nutrientes esta a precipitação, por controlar a produção de biomassa vegetal e, consequentemente, o aporte de matéria orgânica do solo, como constatado por Costa et al. (2007).

A matéria orgânica influencia o teor de N do solo, por este nutriente encontrar-se predominantemente na forma orgânica, mais de 95% do N total (Cantarella, 2007), enquanto que influencia o teor de P por bloquear os sítios de adsorção dos oxihidróxidos

de Fe e Al, competir com os sítios de adsorção da fração mineral, e deslocar parte do P adsorvido pela fração mineral (Guppy et al., 2005).

Apesar da importância de informações sobre a relação entre as condições climáticas e os teores de NO_3^- e NH_4^+, e do fracionamento de P, para o planejamento de práticas de manejo na Região Semiárida paraibana, constata-se que existem poucos estudos visando a obtenção destes dados. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a influência do gradiente climático nas formas de N e P em distintos pedoambientes do estado da Paraíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, seleção e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido no estado da Paraíba (Figura 2). As áreas foram selecionadas considerando um gradiente climático e a possibilidade de ocorrência das classes solos mais representativas da área de estudo, tomando-se como base o Mapa Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado Paraíba (Brasil, 1972), e o Zoneamento Agroecológico do Nordeste Brasileiro – ZANE (EMBRAPA, 2006), e classificação climática do IBGE (adaptado de Nimer, 1979).

As áreas foram selecionadas em três ordens de solos (Luvissolos Crômicos, Neossolos Regolíticos e Planossolos Nátricos) pela semelhança das suas características climáticas (Nilmer, 1979). Também se considerou duas zonas climáticas no estado da Paraíba, quente e semiúmido com Quatro a cinco meses secos por ano e quente e semiárido apresentando de nove a onze meses seco por ano, cujos usos atuais dos solos são descritos na Tabela 2.

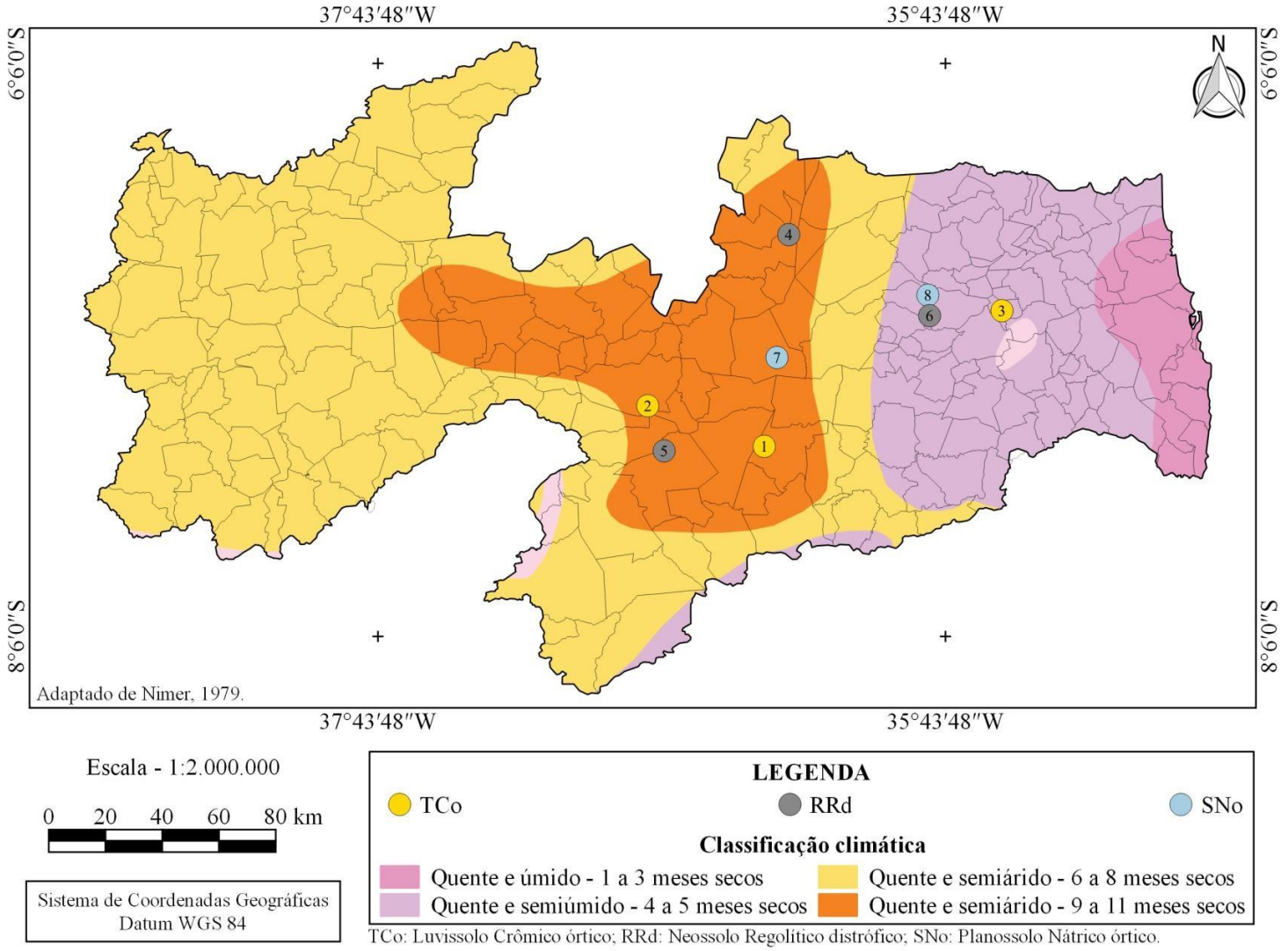

Figura 1. Distribuição dos perfis no estado da Paraíba.

Tabela 2. Classes de solo e a caracterização ambiental, das áreas de estudo.

Ordem de solo	Município	Coordenadas Geográficas		Classificação climática (Nimer, 1979)
		Latitude	Longitude	
Luvissolo	Cabaceiras	S - 7º 26' 10,92"	W - 36º 22'6,63".	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Taperoá	S - 7º 17' 41,9"	W - 36º 46'45,0"	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Alagoinha	S - 6º 57' 46,9"	W - 35º 31'51,5".	Quente e semiúmido - 4 a 5 meses seco
Neossolo Regolítico	Picuí	S – 6º 41' 51"	W – 36º 16' 56,3"	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Serra Branca	S - 7º 27' 8,24"	W - 36º43'17,27".	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Remígio	S - 6º 58' 49,1"	W - 35º 47'09,5".	Quente e semiúmido - 4 a 5 meses seco
Planossolo Nátrico	Soledade	: S – 07º 07´35,5"	W – 36º19´25,5".	Quente e semiárido – 9 a 11 meses seco
	Areia/Arara	S-06º 54´31,2"	W-35º47´31,2"	Quente e semiúmido - 4 a 5 meses seco

Tabela 2. Caracterização do uso atual dos solos avaliados no experimento.

Cidade/ Zona climática	Classe de solo	Uso atual	Relevo local
Areia/ Quente e semiúmido	Planossolo	Pasto nativo, canela de urubu, malva, vassourinha de botão, relógio e cardeiro; ocorrência também de juazeiro, jurema preta, catingueira, mororó, rabo de cavalo e jurubeba, além de lavouras anuais (milho e feijão)	Ondulado
Soledade/ Quente e semiárido	Planossolo	Pasto nativo e caatinga hiperxerófila composta por gramíneas, cactáceas e espécies como pereiro, catingueira, jurema preta etc.	Plano
Alagoinha/ Quente e semiúmido	Luvissolo	Cana de açúcar nas áreas de várzea; pastagens, culturas anuais e pecuária nas encostas e reserva florestal nas áreas de topo.	Ondulado
Taperoá/ Quente e semiárido	Luvissolo	Caatinga aberta composta por pereiro, malva, marmeleiro, gramíneas, além de povoamento de algaroba.	Suave ondulado
Cabaceiras/ Quente e semiárido	Luvissolo	Caatinga aberta composta por pereiro, catingueira, palmatória, xique-xique, entre outros	Suave ondulado
Remígio/ Quente e semiúmido	Neossolo Regolítico	Culturas anuais, pastagem e frutíferas	Suave ondulado
Serra Branca/ Quente e semiárido	Neossolo Regolítico	Vegetação nativa, extração de areia para construção civil e pecuária	Plano
Picuí/ Quente e semiárido	Neossolo Regolítico	Pastagem, Pecuária, pousio.	Plano

Para localização das áreas com as características desejadas, algumas regiões do estado da Paraíba foram intensamente percorridas e, diversos perfis de solo foram abertos.

Nas áreas selecionadas foram abertas trincheiras com as seguintes dimensões: 1,50 m de comprimento; 1,30 m de largura e profundidade variável, de acordo com a profundidade de cada solo. Em cada trincheira foi efetuada a identificação dos horizontes dos perfis de solo e estes, coletados conforme Santos et. al., (2013). Na ocasião também foram recolhidos torrões de solo (amostras indeformadas) para determinação da densidade.

2.2. Atributos químicos analisados

Foram analisados os teores de NO_3^- e NH_4^+, e determinadas às frações de P.Os teores de NO_3^- e NH_4^+das amostras foram extraídos com KCl 1 Mol L^{-1} (Bremner & Keeney, 1966), em cada horizonte do perfil, posteriormente os valores foram determinados por colorimetria em um auto analisador de fluxo contínuo (FIAlab-2500/2600/2700 System - Versão 1.0607).

As determinações das frações de P foram realizadas, segundo os métodos adaptados de Chang & Jackson (1957) e Hedley at al. (1982), respectivamente, em 0,5 e 1,5 g de solo (TFSA), passada em peneira de 2 mm. No fracionamento de Chang & Jackson (1957), foram separadas as frações de P ligadas ao Al (P-Al), extraídas com NH_4F 0,5 mol L^{-1} a pH 8,2; P ligado ao Fe (P-Fe), extraído com NaOH 0,1 mol L^{-1} e P ligado ao Ca (P-Ca), extraído com H_2SO_4 0,5 mol L^{-1}. Após a extração do P-Al e P-Fe, o solo residual foi centrifugado duas vezes com NaCl 1 mol L^{-1} e posteriormente descartou-se o sobrenadante. A determinação dos teores de P nos extratos foram realizadas por espectrofotometria, conforme Murphy & Rileey (1962). O método consiste na formação do complexo fosfomolíbdico de cor azul em meio sulfúrico com ácido ascórbico como redutor. As curvas analíticas foram obtidas através de soluções de referência preparadas pela diluição serial da solução padrão de concentração 1.000 mg L^{-1} de P.

2.3. Análise estatística

Os dados dos teores das frações de P (P-Fe, P-Al e P-Ca) e de N (N-NO_3^- e N-NH_4^+) foram submetidos a análise de componentes principais (ACP) e agrupamento hierárquico de Ward (“Clustering”) (SAS University Edition, 2014), sendo executado

apenas com os dados referentes aos dois primeiros horizontes, visto que nos demais, só foi realizado o fracionamento das formas de N mineral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise descritiva

Observa-se nos Planossolos (Tabela 3), que os teores de P-Al foram maiores em clima Quente e semiúmido, independente do horizonte. Com relação aos teores de P-Fe, verificou-se que nos horizonte A e E os valores ocorreram de forma decrescente e crescente, respectivamente, do clima Quente e semiárido para o Quente e semiúmido. Os teores de P-Ca foram de 3,41 mg kg^{-1} no horizonte A do clima Quente e semiárido, e inexpressivos nos demais horizontes avaliados independente do clima e camada avaliada. Esses resultados estão relacionados principalmente com o pH, que apresentaram valores abaixo da neutralidade, e teores de Ca^{2+}, que apresentaram valores baixos (Tabela 4), tendo em vista que de acordo com Souza Júnior et al. (2003), as frações P-Al e P-Fe predominaram em solos mais desenvolvidos, menos intemperizados, e com valores de pH e teores de Ca^{2+} mais baixos, enquanto que a fração P-Ca é predominante em solos alcalinos e com teores muito elevados de Ca^{2+}.

Além da influência do pH do solo, verifica-se a influência da matéria orgânica, formado em clima Quente e semiárido (Tabelas 3 e 4), onde constatou-se que no horizonte E, por conter menor teor de matéria orgânica que o horizonte A, apresentou teores mais elevados de P-Al. A adsorção de P está estreitamente correlacionada com a matéria orgânica do solo (Moreira et al., 2006), por competir pelo mesmo sítio de adsorção na superfície do $CaCO_3$, em solos calcáreos (Holford & Mattingly, 1975), e formação de camadas de húmus ao redor dos óxidos de Fe e Al em solos ácidos (Silva et al., 1997).

Tabela 3. Fracionamento de fósforo (P) em Planossolos formados em diferentes gradientes climáticos**.**

Horizonte	Camada (cm)	P-Al	P-Fe	P-Ca
		---------- mg kg^{-1} ----------		
		Planossolo – Quente e semiúmido – Areia		
Ap	0-5	98,16 ± 9,97	12,27 ± 7,12	0,00 ± 0,00
E	5-10	76,36 ± 9,80	181,82 ± 60,62	0,00 ± 0,00
		Planossolo – Quente e semiárido– Soledade		
A	0-10	2,27 ± 4,57	36,36 ± 32,20	3,41 ± 2,75
E	10-16	11,83 ± 10,72	28,40 ± 4,44	0,00 ± 0,00

Tabela 4. Classificação dos valores de pH e Ca^{2+} em Planossolos formados com diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	pH em água 1:2,5	pH em água Classe*	Ca^{2+} $cmol_c kg^{-1}$	Ca^{2+} Classe*	MO g kg^{-1}	Argila g kg^{-1}
			Planossolo – Quente e semiúmido– Areia				
Ap	0-5	6,25	Acidez fraca	1,47	Baixo	11,31	108
E	5-10	6,58	Acidez fraca	1,49	Baixo	8,26	104
			Planossolo – Quente e semiárido– Soledade				
A	0-10	6,60	Acidez fraca	0,84	Baixo	5,38	107
E	10-16	6,14	Acidez fraca	0,64	Baixo	0,00	106

*Classificação adaptada de Siqueira, 2007.

Entre os Luvissolos, os teores de P foram mais elevados em clima Quente e semiárido (Taperoá), em todas as frações, e independente dos horizontes, com predomínio de P-Fe (Tabela 5). Este solo apresenta pH elevado e teores de Ca que variam de baixo a alto (Tabela 6), de modo que os resultados não corroboram com Novais & Smitt (1999). Esses valores podem estar associados ao material de origem, classificado como Gnaisse Pelítico, (Saraiva, 2016), Em trabalho realizado por Splendor (2006), constatou-se altos teores de P na composição de granadas em Gnaisse Pelítico.

Na tabela 5, também constata-se que os Luvissolos localizados nas regiões de clima Quente e semiúmido e Quente e semiárido (Cabaceiras) apresentaram baixos teores de P, em todas as frações e horizontes. Esse resultado indica que a principal influência dos teores desse elemento é proveniente do material de origem, tendo em vista que os solos desta ordem apresentam profundidade superior a 1 m, ou seja, foram intemperizados o suficiente para disponibilizar e fixar o P nos óxidos de Fe e Al e carbonatos.De acordo com Menezes et al. (2011), os materiais bandados em relação a rochas maciças, estão relacionados com perfis mais profundos, da mesma forma que rochas com granulação mais grossa têm maior capacidade de intemperização e, portanto, estão relacionadas com solos mais profundos.

Quando relaciona-se as formas de P com os teores de Ca^{+2}, observa-se que no Luvissolo do clima Quente e semiárido (Taperoá), grande parte do P está associado ao Ca^{+2}, íon que apresentou os mais elevados teores nesse solo, porém outro fator que pode ter auxiliado nos altos teores de P-Ca é a mineralogia desses solos, que provavelmente é composta não exclusivamente por minerais argilossilicatos 2:1, mas estes contribuem com alta superfície específica e CTC, características comum de alguns Luvissolos.

Tabela 5. Fracionamento de fósforo (P) em Luvissolos formados em diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	P-Al	P-Fe	P-Ca
		---------- mg kg^{-1} ----------		
		Luvissolo – Quente e semiúmido – Alagoinha		
A	0-25	5,91 ± 13,10	5,42 ± 3,92	0,00 ± 0,00
BA	25-36	26,13 ± 31,13	13,07 ± 16,88	0,00 ± 0,00
		Luvissolo – Quente e semiárido – Taperoá		
A	0-11	11278,16 ± 3193,94	12989,66 ± 562,05	10556,67 ± 1985,88
AB	11-24	11795,29 ± 5902,96	15198,82 ± 2489,73	6921,18 ± 2737,55
		Luvissolo – Quente e semiárido– Cabaceiras		
A	0-10	24,68 ± 10,40	55,19 ± 18,23	0,00 ± 0,00
BA	10-22	17,87 ± 3,34	220,39 ± 39,31	0,00 ± 0,00

Tabela 6. Classificação dos valores de pH e Ca^{2+} em Luvissolos formados com diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	pH 1:2,5	pH Classe*	Ca^{2+} $cmol_c kg^{-1}$	Ca^{2+} Classe*	MO g kg^{-1}	Argila g kg^{-1}
			Luvissolo – Quente e semiúmido – Alagoinha				
A	0-25	6,01	Acidez média	1,00	Baixo	12,77	188
BA	25-36	6,27	Acidez fraca	1,06	Baixo	12,15	106
			Luvissolo – Quente e semiárido – Taperoá				
A	0-11	7,67	Alcalinidade fraca	5,10	Alto	16,15	268
AB	11-24	7,84	Alcalinidade elevada	2,33	Médio	5,84	155
			Luvissolo – Quente e semiárido– Cabaceiras				
A	0-10	7,69	Alcalinidade fraca	3,43	Alto	15,21	127
BA	10-22	7,32	Alcalinidade fraca	4,23	Alto	8,96	217

*Classificação adaptada de Siqueira, 2007.

Nos Neossolos Regolíticos (Tabela 7), os maiores teores de P-Al no horizonte A foram observados em clima Quente e semiúmido, enquanto que no horizonte CA os maiores teores de P-Al, ocorreram em clima Quente e semiárido (Picuí). Os teores de P-Fe no horizonte A foram superiores em clima Quente e semiárido nos dois solos estudados (Serra Branca e Picuí) e os menores valores foram apresentados no clima Quente e semiúmido, sendo maiores também no horizonte CA. Com relação ao P-Ca, verificou-se que os teores são tão baixos que não foi possível a mensuração, independente do clima e horizonte avaliado.

Os resultados do P-Al e P-Fe estão relacionados principalmente com os valores de pH, enquanto que os resultados do P-Ca relacionam-se principalmente com os teores de Ca^{2+} que foram baixos (Tabela 8). De acordo com Hsu (1977) e Bahia Filho & Braga (1975), solos mais ácidos e pobres em Ca apresentam a fração P-Ca menor que as frações P-Fe e P-Al, em função da conversão das formas de P-Ca, que são mais solúveis, para P-Al e P-Fe.

Tabela 7. Fracionamento de fósforo (P) em Neossolos Regolíticos formados em diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	P-Al	P-Fe	P-Ca
		---------- mg kg^{-1} ----------		
		Neossolo Regolítico – Quente e semiúmido – Remígio		
Ap	0-14	158,46± 7,77	96,92± 5,07	0,00 ± 0,00
AC	14-37	94,74± 11,15	52,63± 15,79	0,00 ± 0,00
		Neossolo Regolítico – Quente e semiárido – Serra Branca		
A	0-12	101,84± 2,97	57,10± 58,26	0,00 ± 0,00
CA	12-35	75,90± 8,19	0,54± 0,93	0,00 ± 0,00
		Neossolo Regolítico – Quente e semiárido – Picuí		
Ap	0-15	105,39± 21,82	75,46± 68,36	0,00± 0,00
CA	15-35	90,96 ± 4,64	32,67± 28,36	0,00± 0,00

Tabela 8. Valores médios de pH, Ca^{2+}, matéria orgânica (MO) e argila, em horizontes de Neossolos Regolíticos formados com diferentes gradientes climáticos.

Horizonte	Camada (cm)	pH		Ca^{2+}		MO g kg^{-1}	Argila g kg^{-1}
		1:2,5	Classe*	$cmol_c kg^{-1}$	Classe*		
		Neossolo Regolítico – Quente e semiúmido – Remígio					
Ap	0-14	6,22	Acidez fraca	0,74	Baixo	12,77	107
AC	14-37	5,52	Acidez média	0,88	Baixo	4,47	104
		Neossolo Regolítico – Quente e semiárido – Serra Branca					
A	0-12	5,61	Acidez média	0,65	Baixo	11,26	68
CA	12-35	5,48	Acidez média	0,33	Baixo	5,62	66
		Neossolo Regolítico – Quente e semiárido – Picuí					
Ap	0-15	5,35	Acidez média	0,27	Baixo	4,59	56
CA	15-35	5,99	Acidez média	0,34	Baixo	5,81	47

*Classificação adaptada de Siqueira, 2007.

No Planossolo formado sob clima Quente e semiúmido, observou-se que os maiores teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ ocorreram no horizonte Ap. Esse resultado é reflexo da maior produção de biomassa vegetal, aporte de resíduos orgânicos, e consequente, processos de mineralização, amonificação e nitrificação. Com relação ao Planossolo formado em clima Quente e semiárido, os maiores teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ ocorreram no horizonte Crn, sendo totalmente o oposto do constatado no clima Quente e semiúmido. O teor mais elevado de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ no horizonte Crn, em clima Quente e semiárido, está relacionado com o acúmulo destes elementos, provenientes da decomposição de materiais orgânicos e lixiviação dos horizontes acima, com a proteção física do horizonte Btn, que dificulta a perda por volatilização, e com a o baixo índice pluviométrico, que não permite a lixiviação total para o lençol freático.

Ao comparar os horizontes dos Planossolos formados em climas diferentes (Tabela 9), verifica-se que os teores de $N\text{-}NH_4^+$ foram maiores em clima Quente e semiúmido, nos horizontes A e E, tornando-se inferiores nos horizontes abaixo. Com relação aos teores de

$N\text{-}NO_3^-$, constata-se que os valores mais elevados também ocorreram no clima Quente e semiúmido com exceção apenas do horizonte o Cr.

Com base nestes resultados, observa-se que os teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ no clima Quente e semiúmido se concentram mais em superfície em função de um fluxo constante de produção de matéria orgânica, devido a maior disponibilidade de água, enquanto que, no clima Quente e semiárido a maior concentração ocorre nos horizontes mais profundos devido ao baixo índice pluviométrico, que apesar de não formar muita biomassa vegetal, não permite a lixiviação do N para fora do perfil, como ocorre no clima Quente e semiúmido.

Os maiores teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ no horizonte Crn do clima Quente e semiárido também estão relacionados com os horizontes Btng1 e Btng2, que servem como um filtro microbiológico, por apresentar altos teores de Na^+ e baixos teores de O_2. De acordo com Silva Junior et al. (2009), a salinidade reduz a atividade microbiana do solo, contudo, a adição de matéria orgânica diminui este efeito. A redução dos níveis de oxigênio reduzem a atividade microbiana do solo (Camargo et al., 1999), tendo em vista que a maioria dos microrganismos do solo são aeróbicos.

Tabela 9. Teores nitrogênio, na forma de amônio ($N\text{-}NH_4^+$) e nitrato ($N\text{-}NO_3^-$), nos horizontes de Planossolos formados em diferentes gradientes climáticos**.**

Horizonte	Camada (cm)	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_3^-$
		g kg^{-1}	
		Planossolo – Quente e semiúmido – Areia	
Ap	0-5	0,0061 ±0,0026	0,0301 ± 0,0877
E	5-10	0,0060 ± 0,0028	0,0012 ± 0,0946
Btn1	10-30	0,0036 ± 0,0009	0,0120 ± 0,0299
Btn2	30-60	0,0045 ± 0,0023	0,0124 ± 0,0774
Cr	60-90	0,0061 ± 0,0006	0,0301 ± 0,0207
		Planossolo – Quente e semiárido– Soledade	
A	0-10	0,0016 ± 0,0009	0,0002 ± 0,0289
E	10-16	0,0029 ± 0,0024	0,0002 ± 0,0798
Btng1	16-48	0,0060 ± 0,0043	0,0002 ± 0,0144
Btng2	48-72	0,0067 ± 0,0017	0,0002 ± 0,0562
Crn	72-99	0,0156 ± 0,0000	0,0006 ± 0,0000

No clima Quente e semiúmido, o Luvissolos apresentaram maiores teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ no horizonte mais profundo (Cr/R), enquanto que no clima Quente e semiárido (Taperoá e Cabaceiras) os maiores teores ocorreram no horizonte superficial (A) (Tabela 10). Os resultados no clima Quente e semiúmido provavelmente estão relacionados com o horizonte Btv, que em período seco apresenta fissuras, permitindo maior infiltração de água, lixiviação de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ para os horizontes inferiores nas primeiras chuvas, contudo com o umedecimento deste horizonte ocorre a expansão das argilas,

reduzindo o fluxo de água e o processo de lixiviação devido o fechamento das fissuras, de modo que o N fica protegido, acumulando-se por ocorrer a redução das perdas pelo lençol freático e por volatilização. No clima Quente e semiárido ocorreram maiores teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no horizonte A devido ao acúmulo de matéria orgânica, proveniente da deposição da serrapilheira, de modo que, provavelmente não houve teores maiores nas camadas mais profundas devido a maior aeração, haja visto que a menor pluviosidade permitiu que as fendas do horizonte Btv permanecessem abertas por mais tempo.

Tabela 10. Teores nitrogênio, na forma de amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-), nos horizontes de Luvissolos formados em diferentes gradientes climáticos**.**

Horizonte	Camada (cm)	N-NH_4^+	N-NO_3^-
		g kg^{-1}	
		Luvissolo – Quente e semiúmido – Alagoinha	
A	0-25	0,0027 ± 0,0017	0,0002 ± 0,0563
BA	25-36	0,0022 ± 0,0007	0,0002 ± 0,0231
Btv	36-79	0,0022 ± 0,0007	0,0002 ± 0,0238
C/Cr	79-140	0,0014 ± 0,0008	0,0027 ± 0,0282
Cr/R	140-162+	0,0038 ± 0,0017	0,0035 ± 0,0573
		Luvissolo – Quente e semiárido– Taperoá	
A	0-11	0,0068 ± 0,0022	0,0893 ± 0,0750
AB	11-24	0,0023 ± 0,0015	0,0091 ± 0,0506
Btv	24-63	0,0009 ± 0,0005	0,0268 ± 0,0178
CBvn	63-89	0,0009 ± 0,0007	0,0031 ± 0,0238
Cn	89-123	0,0028 ± 0,0013	0,0018 ± 0,0420
		Luvissolo – Quente e semiárido – Cabaceiras	
A	0-10	0,0037 ± 0,0015	0,0335 ± 0,0504
BA	10-22	0,0023 ± 0,0019	0,0033 ± 0,0624
Btv	22-48	0,0007 ± 0,0006	0,0051 ± 0,0207
BC	48-60	0,0025 ± 0,0014	0,0061 ± 0,0472
Crn	60-110	0,0012 ±0,0005	0,0071 ± 0,0152

De forma geral, os teores de N-NH_4^+ foram superiores aos de N-NO_3^- em todos os horizontes estudados, e independente do clima. No clima Quente e semiúmido, os teores de N-NH_4^+ elevaram-se conforme o aumento da profundidade a partir do horizonte Ap, alcançando valores de 0,0064 g kg^{-1} no horizonte Cn2. Uma explicação para esse fenômeno seria devido ao processo de lixiviação que conduziu o NO_3^- para os horizontes mais profundos, como verificado por Galvão et al. (2008), transformando o mesmo em NH_4^+ por redução dissimilatória, uma vez que este processo ocorre em ambientes altamente reduzidos (Fazzolari et al., 1990). O processo de lixiviação também explica os maiores teores de N-NO_3^- nos horizontes mais profundos.

Nos Neossolos Regolíticos formados em clima Quente e semiárido (Serra Branca), verifica-se maiores teores de N-NH_4^+ nos horizontes superficiais, e teores de N-NO_3^- distribuídos igualmente entre os horizontes (Tabela 11). Os maiores teores de N-NH_4^+ nos horizontes superficiais estão relacionados a deposição e decomposição da serrapilheira.

Em clima Quente e semiárido (Picuí), os Neossolos Regolíticos apresentaram teores de $N\text{-}NH_4^+$ bem distribuídos entre os horizontes, no entanto, os valores de $N\text{-}NO_3^-$ foram maiores nos horizontes Ap e C1, sendo de 0,0012 e 0,0010 g kg^{-1} (Tabela 11). Os teores de $N\text{-}NH_4^+$ foram bem distribuídos em função da combinação da aeração homogênea no perfil do solo e baixo índice pluviométrico.

Tabela 11. Teores nitrogênio, na forma de amônio ($N\text{-}NH_4^+$) e nitrato ($N\text{-}NO_3^-$), nos horizontes de Neossolos Regolíticos formados em diferentes gradientes climáticos**.**

Horizonte	Camada (cm)	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_3^-$
		g kg^{-1}	
		Neossolo Regolítico – Quente e semiúmido – Remígio	
Ap	0-14	0,0040 ± 0,0012	0,0002 ± 0,0000
AC	14-37	0,0033 ± 0,0016	0,0002 ± 0,0000
C	37-70	0,0036 ± 0,0014	0,0002 ± 0,0000
Cn1	70-130	0,0055 ± 0,0009	0,0002 ± 0,0000
Cn2	130-150+	0,0064 ± 0,0027	0,0004 ±0,0012
		Neossolo Regolítico – Quente e semiárido – Serra Branca	
A	0-12	0,0063 ± 0,0035	0,0002 ± 0,0000
CA	12-35	0,0067 ± 0,0017	0,0002 ± 0,0000
C1	35-100	0,0043 ± 0,0022	0,0002 ± 0,0000
C2	100-160	0,0034 ± 0,0016	0,0002 ± 0,0000
		Neossolo Regolítico – Quente e semiárido– Picuí	
Ap	0-15	0,0035 ± 0,0013	0,0012 ± 0,0033
CA	15-35	0,0043 ± 0,0009	0,0002 ± 0,0000
C1	35-110	0,0047 ± 0,0026	0,0010 ± 0,0008
C2	110-155	0,0047 ± 0,0013	0,0002 ± 0,0000
C3	155-195	0,0035 ± 0,0021	0,0002 ± 0,0000

3.2. Análise multivariada

Na tabela 12 observa-se que as variáveis apresentaram correlação positiva, sendo que, NH_4^+ apresentou correlação baixa entre as demais variáveis, ao mesmo tempo que, as demais variáveis (NO_3^-, P-Al, P-Fe, P-Ca) apresentaram boa correlação entre si (> 0,58). A alta correlação entre as formas de P pode indicar a ausência de uma forma predominante nos solos estudados, visto o menor valor observado, 0,95 para P-Fe e P-Ca, e estes apresentarem esse comportamento inverso em função do pH (Novais & Smith, 1999). Quanto as formas de P e o NO_3^-, suas dinâmicas tem como um dos compartimentos a matéria orgânica, que por sua vez, na mineralização, o N e o P interagem e tendem a transforma-se diferentemente, em função das condições químicas do solo; assim, tanto o NO_3^-quanto as formas de P são resultantes da mineralização, associado a condições ótimas de umidade, aeração (Gama-Rodrigues et al, 2005), temperatura, pH e atividade microbiana (Guppy et al, 2005) e influência da mineralogia da fração argila (Bayer et al, 1975).

Tabela 12. Matriz de correlação de Pearson entre as formas de N e P.

	NH_4^+	NO_3^-	P-Al	P-Fe
NO_3^-	0.4387			
P-Al	0.1087	0.6250		
P-Fe	0.0746	0.5856	0.9981	
P-Ca	0.2107	0.7605	0.9705	0.9543

Esses resultados (Tabela 13) indicam que os teores de NO_3^- e NH_4^+, apresentam a mesma resposta no solo, contudo, os teores de NO_3^-tendem a elevar-se mais que os teores de NH_4^+, que provavelmente ocorre pelo fato do NH_4^+geralmente ser rapidamente oxidado a nitrato por bactérias nitrificadoras, como descrito por Brady & Weil (2001). Apesar do $H_2PO_4^{2-}$ocupar o mesmo sítio de adsorção do NO_3^-, o ânion fosfato apresenta maior afinidade pelos sítios de troca, fazendo com que o mesmo consiga preencher os sítios previamente (Alcântara & Camargo, 2005), mantendo ou deslocando o NO_3^- para a solução.

Para a análise de componentes principais, constata-se que os dois primeiros componentes são suficientes para explicar 92,8% da variação total dos dados, sendo 70,7% do primeiro componente e 22,1% do segundo (Tabela 13). Analisando-se os coeficientes dos autovetores associados às componentes principais percebe-se que o primeiro componente está mais relacionada às formas de P, o segundo componente, com o NH_4^+(Tabela 13).

Tabela 13. Estimativas dos autovalores (λi), das contribuições percentuais acumuladas (%λi) e os autovetores associados aos autovalores obtidos da matriz de correlação, envolvendo as formas de N e P.

CP	Λi	% λi	Autovetores				
			NH_4^+	NO_3^-	P-Al	P-Fe	P-Ca
1	3,534	70,7	0,155	0,428	0,512	0,503	0,527
2	1,105	92,8	0,873	0,345	-.0,217	-.0,255	-.0,081

* Componentes principais.

Na Figura 2, constata-se que a disposição das variáveis ao longo de componente principal 1 (PC1) modela 70,68% da variância da matriz de dados. Também observa-se que todas as variáveis apresentaram autovetores positivos nesse eixo (correlação positiva). As formas de P e N-NO_3^-apresentam maiores pesos, e, portanto, contribuem mais para a PC1. Com relação ao eixo PC2, responsável por modelar 22,1% da variância da matriz de dados, verifica-se autovetores positivos para as formas de N e negativos para as frações de P, com maior peso para N-NH_4^+.

O CP1 pode estar relacionado aos valores de pH, onde valores próximos a neutralidade, como observado nos solos de estudo, resultam no equilíbrio entre os teores das frações de P. Com relação às formas de N, observou-se maior correlação entre o CP1 e o teor de N-NO_3-, que provavelmente ocorreu em função do decréscimo dos valores de NH_4^+ com o aumento do pH, processo esse denominado de volatilização, que conduz a perdas de N do solo (Ros et al., 2005). Esses resultados também estão relacionados com a dinâmica dos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo, regulado pelo pH do solo, onde a fração de N orgânico é transformado em N-NO_3^- na última etapa do processo, denominado de nitrificação (Cantarella, 2007).

Com relação ao componente principal 2 (CP2), o maior peso em relação ao N-NH_4^+ pode indicar uma menor atividade microbiana, visto que essa é importante nos processos relacionados à nitrificação, e dessa forma, maior conversão para NO_3^-. Essa informação é apoiada pela baixa correlação deste componente com o NO_3^-. A baixa relação do NH_4^+ e do CP2 com as formas de P, podem estar associada também a baixa mineralização da matéria orgânica, desta forma não suprindo os compartimento de P no solo.

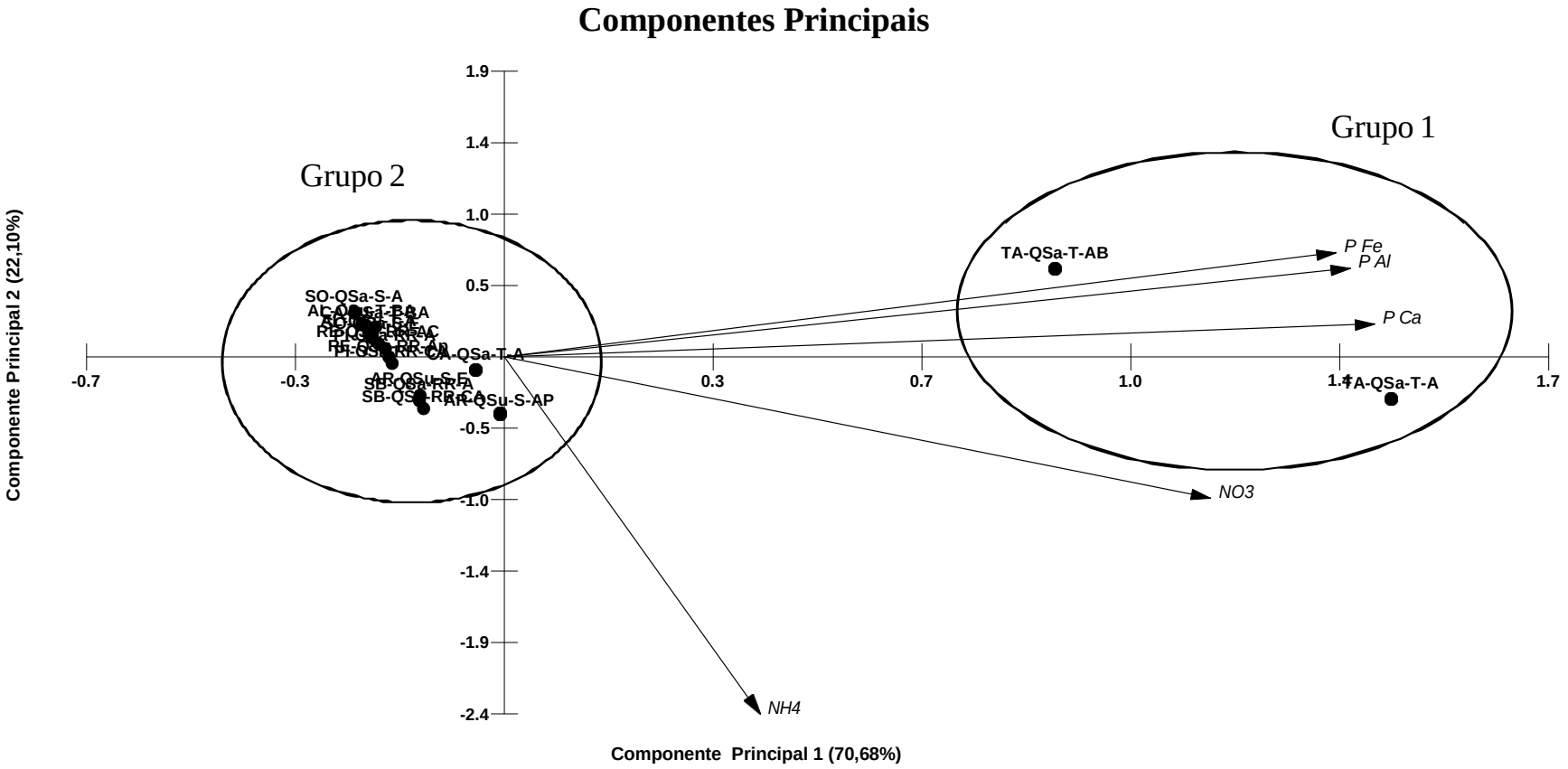

Figura 2. Círculo de autovetores e agrupamento das variáveis relacionadas com as formas de N (N-NO3- e N-NH4+) e frações de P (P-Fe, P-Al e P-Ca), em três tipos solos (Planossolo-SS, Luvissolo-T e Neossolo Regolítico-RR) e gradientes climáticos (Quente semi-úmido-Quente e semiúmido e Quente Semiárido-Quente e semiárido). AL: Alagoinha; AR: Areia; CA: Cabaceiras; PI: Picuí; RE: Remígio; SB: Serra Branca; SO: Soledade; TA: Taperoá

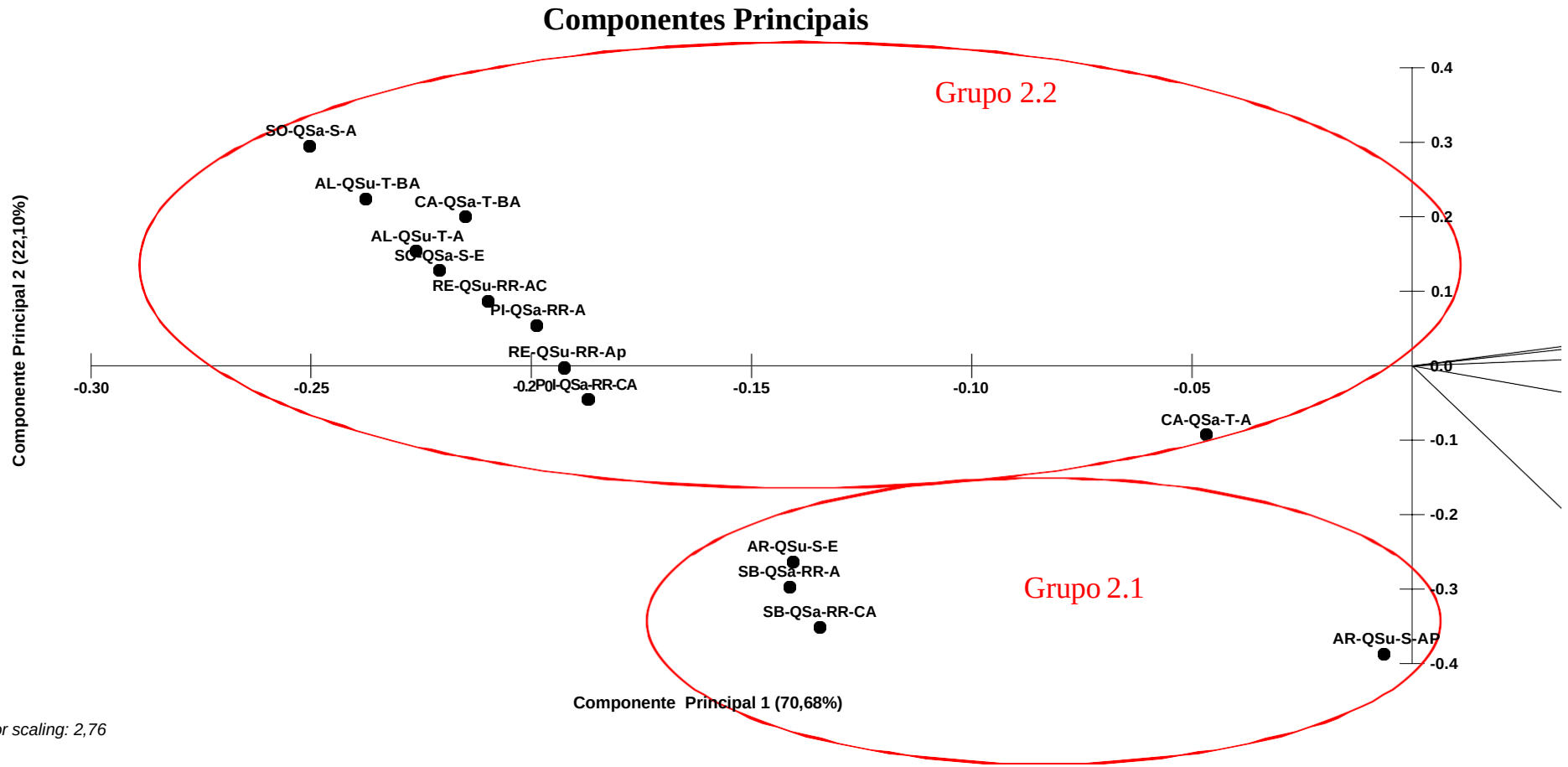

Figura 3. Círculo de autovetores e agrupamento das variáveis relacionadas com as formas de N (N-NO3- e N-NH4+) e frações de P (P-Fe, P-Al e P-Ca), em três tipos solos (Planossolo-SS, Luvissolo-T e Neossolo Regolítico-RR) e gradientes climáticos (Quente semi-úmido-Quente e semiúmido e Quente Semiárido-Quente e semiárido). AL: Alagoinha; AR: Areia; CA: Cabaceiras; PI: Picuí; RE: Remígio; SB: Serra Branca; SO: Soledade; TA: Taperoá

Conforme se observa na Figura 2, tem-se dois grupos principais, sendo que o primeiro e maior grupo foi formado por 13 observações (81%), enquanto que o segundo grupo foi formado por três observações (18%).

O primeiro grupo, que foi formado por mais observações, pode estar associado aos valores mais próximos dos teores das frações de N e P. Dentro deste grupo, observou-se subgrupos, como o grupo formado pelas observações referentes ao solo de Alagoinha, Soledade, Picuí, Remígio e Cabaceiras, estes agrupados conjuntamente, devido aos teores próximos de $N\text{-}NH_4^+$ e P-Ca, representados pelos Luvissolos do clima Quente e semiúmido e Quente e semiárido (Cabaceiras), Neossolos Regolíticos do clima Quente e semiúmido e Quente e semiárido (Picuí), e o Planossolo do clima Quente e semiárido; e um segundo grupo, formado pelos horizontes superficiais do Planossolo de Areia e Neossolo Regolítico de Serra Branca, os quais apresentaram teores próximos de $N\text{-}NH_4^+$ e P-Fe, representados pelo Planossolo de clima subúmido, e o Neossolo Regolítico de Serra Branca.

O menor grupo, formado por duas observações está associado aos horizontes A e AB do Luvissolo de Taperoá, no qual observou-se valores muito altos das frações P, que diferiram muito das demais observações.

Com base nos resultados anteriores verifica-se que as frações de P nos solos foram mais influenciados pelo material de origem do que pelo clima. Esses resultados estão relacionados com a composição e o grau de consolidação do material de origem. De acordo com Brady & Weil (2013), a composição química e mineralógica do material de origem, assim como o grau de consolidação do mesmo, influenciam o intemperismo químico, a textura, infiltração de água no perfil, translocação de argila e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, afetando a formação do solo e a natureza da vegetação.

Com relação aos teores de N, na forma de $N\text{-}NO_3^-$ e $N\text{-}NH_4^+$, observou-se que a variação dos valores ocorrem predominantemente em função do material de origem nos Luvissolos e Neossolos Regolíticos, que possibilitaram maior fertilidade e, consequentemente, maior produção de matéria orgânica, enquanto que nos Planossolos verificou-se grande influência do clima, onde as precipitações mais elevadas resultaram em maior aporte de matéria orgânica.

4. CONCLUSÕES

1. O aumento da precipitação pluviométrica eleva os teores de P-Al e P-Fe nos horizontes superficiais, e de N-NH_4^+e N-NO_3^- em todo o perfil do Planossolo.

2. O material de origem exerceu maior influência que a precipitação pluviométrica no Luvissolo, nos teores de P-Al, P-Fe e P-Ca, porém a precipitação pluviométrica influenciou os teores de N-NH_4^+e N-NO_3^- no horizonte superficial.

3. Nos Neossolos Regolíticos, não houve influência da precipitação pluviométrica sobre os teores de P-Ca e No_3^-, enquanto que as frações de P-Fe e P-Al, os maiores teores foram observados no clima Quente e semiúmido seguido pelo Quente e semiárido (Serra Branca e Picuí),

4. Os grupos formados a partir da análise de componentes principais e agrupamentos tiveram grande relação com os teores das frações de N e P, distinguindo-os, com maior influência do clima.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, I.N.; PINTO, J.E.B.P. & FURTINI NETO, A.E. Influence of nitrogen and phosphorus in the biomass production and induction of mucilage in "Insulina" plants. Horticultura Brasileira, v.20, p.536-540, 2002.

AITA, C. & GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; STIPP, E.; ABDALLA, S. R. & VITTI, G.C. (Org.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: INPI, 2007. p.1-41.

ALCÂNTARA, M.A.K. & CAMARGO, O.A. Adsorção de nitrato em solos com cargas variáveis. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.369-376, 2005.

BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Fósforo em Latossolo do Estado de Minas Gerais - II: quantidade de fósforo disponível. Revista Ceres, v.22, p.50-61, 1975.

BAYER, C., MARTIN NETO, J.L.; MIELNICZUK, A.; PAVINATO & DIECKOW, J.Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no–till. Soil & Tillage Research, v.86, p.237–245. 2006.

BRADY, C.B.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 3 th ed. New York: Prentice Hall, 2001. 960 p.

BRADY, N.C. & WEIL, R.R. A formação do solo: Fatores que influenciam a formação do solo. In. BRADY, N.C. & WEIL, R.R. Elementos da Natureza e Propriedades do Solo. Porto Alegre: Bookman, 2013. p.30-64.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. p.375-470.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A. & ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. Ciência Rural, v.29, p.171-180, 1999.

CHANG, S.C. & JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science, v.84, p.133-144, 1957.

COSTA, C.C.A.; SOUZA, A.M.; SILVA, N.F.; CAMACHO, R.G.V. & DANTAS, I.M. Produção de Serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. Revista Brasileira de Biociências, v.5, p.246-248, 2007.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil – ZANE. BARROS, A.H. C.; SILVA, A.B. & SANTOS, J.C.P. (Org.) EMBRAPA – Solos, UEP – Recife, 2006. SIG ZANE DIGITAL. Programa de computador.

EPSTEIN, E. & BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAZZOLARI, E.; MARIOTTI, A.& GERMON, J.C. Dissimilatory ammonia production vs. denitrification in vitro and in inoculated agricultural soil samples. Canadian Journal of Microbiology, v.36, p.786-793, 1990.

GALVÃO, S.R.S.; SALCEDO, I.H. & OLIVEIRA, F.F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.99-105, 2008.

GAMA-RODRIGUES E.F., BARROS N.F., GAMA-RODRIGUES A.C. & SANTOS G.A. nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.893-901. 2005.

GUPPY, C.N; MENZIES, N.W.; MOODY, P.W & BLAMEY, F.C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. Australian Journal of Soil Research, v.43, p.189-2002, 2005.

HEDLEY, M.J.; STEWARD, W.B. & CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fraction induced by cultivation practices and laboratory incubation. Soil Science Society of America Journal, v.46, p.970-976, 1982.

HOLFORD, I.C.R. & MATTINGLY, G.E.G. The high and low - energy phosphate absorbing surfaces in calcareous soils. Journal of Soil Science, v.26, p.407-417, 1975.
HSU, P.H. Aluminium oxides and oxyhydroxids. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B. (Ed.). Minerals in soil environments. Madison: Soil Science Society of America, 1977. p.99-144.

KÖPPEN, G. W. & GEIGER, M. R. 1936. Handbuch der Klimatologie. Berlin, 44p

MENEZES, A.A.; COSTA, L.M.; MOREAU, A.M.S.S. & MOREAU, M.S. Interrelações entre a profundidade do solo e o substrato geológico na região centro-leste de Minas Gerais. Revista Ceres, v.58, p.794-801, 2011.

MENEZES, R.S.C.; GARRIDO, M.S. & PEREZ-MARIN, A.M. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife, PE. Anais... Recife, 2005. v. 1, p. 1-30. 1 CD ROM

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, 2007. p.65-90.

MOREIRA, F.L.M.; MOTA, F.O.B.; CLEMENTE, C.A.; AZEVEDO, B.M. & BOMFIM, G.V. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. Revista Ciência Agronômica, v.37, p.7-12, 2006.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta, v.27, p.31-36, 1962.

NIMER, E., 1979. Climatologia do Brasil. SUPREN/IBGE. Volume 4.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

ROS, C.O.; AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. Ciência Rural, v.35, p.799-805. 2005.

SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga. In. SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.419-442.

SANTOS, C. Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem. 2ed. Lisboa: Sílabo, 2010. 312p.

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. 6 ed. Viçosa: SBCS, 2013. 102p.

SAS INSTITUTE INC.SAS ® University Edition: installation guide for Windows. Cary: SAS Institute, 2014.

SARAIVA, S. M. C. S. Caracterização de Luvissolos, Neossolos Regolíticos e Planossolos ao longo de um gradiente pluviométrico no semiárido Brasileiro. Tese de Doutorado (Ciência do Solo). Universidade Federal da Paraiba, Campus Areia. 2016. 130f.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEAUX, P.; LIMA, J.M. & CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde - milho e adsorção de fósforo em Latossolo vermelho-escuro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.32, p.649-654, 1997.

SILVA JÚNIOR, J.M.T.; TAVARES, R.C.; MENDES FILHO, P.F.; GOMES, V.F.F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. Revista Brasileira de Ciências Agrárias v.4, p.378-382, 2009.

SIQUEIRA, O.J.W. Diagnóstico da fertilidade dos solos do estado de Sergipe. In. SOBRAL, L.F.; VIEGAS, P.R.A.; SIQUEIRA, O.J.W.; ANJOS, J.L.; BARRETTO, M.C.V. & GOMES, J.B.V. (Eds). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe. Aracajú: EMBRAPA, 2007. p.49-79.

SOUZA JÚNIOR, R.F.; OLIVEIRA, F.H.T.; SANTOS, H.C.; FREIRE, F.J. & ARRUDA, J.A. Frações de fósforo inorgânico do solo e suas correlações com o fósforo quantificado por extratores e pelo milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p. 159-170, 2012.

SPLENDOR, F. Geoquímica das granadas e assembleias de minerais pesados no estudo de proveniência dos sedimentos quaternários da porção sul da bacia de Pelotas, RS. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 223p. (Dissertação de Mestrado em Geociência)

STAUFFER, M.D. & SULEWSKI, G. Fósforo - essencial para a vida. In: YAMADA, T. & STIPP, S.R.A. Fósforo na agricultura brasileira. 1.ed. Piracicaba: Potafos, 2004. p.1-12.

STEVENSON, F.J. Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: J. Wiley, 1986. 380p.

STEVENSON, F.J. Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: J. Wiley, 1986. 380p.

APÊNDICE

Figura 1 Luvissolo formado em clima Quente e semiúmido no município de Alagoinha PB

Figura 2 Luvissolo formado Em clima Quente e semiárido no município de Taperoá PB

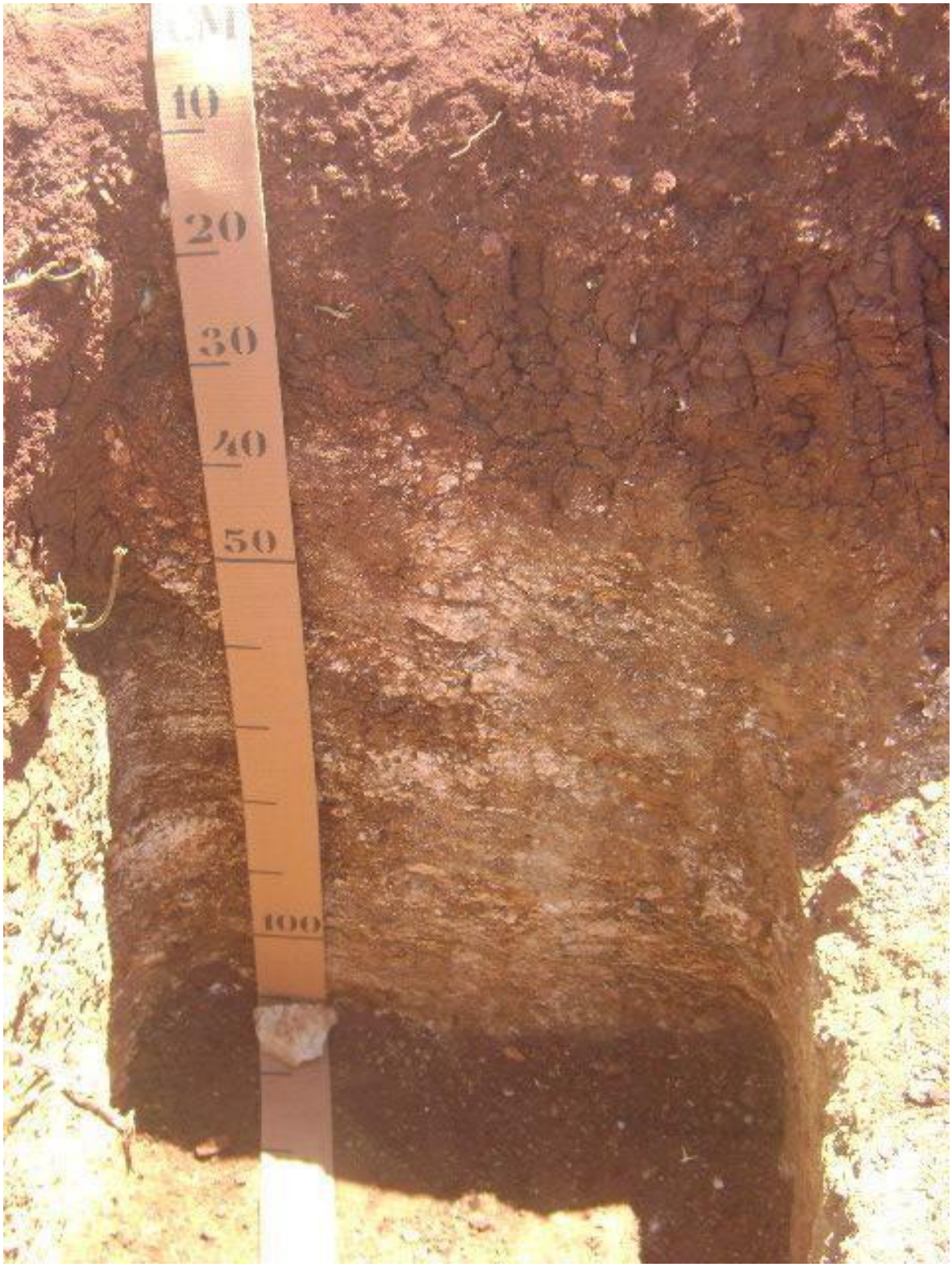

Figura 3 Luvissolo formado em clima Quente e semiárido no município de Cabaceiras PB.

Figura 4 Neossolo Regolitico formado em clima Quente e semiúmido no município de Remigio PB

Figura 5 Neossolo Regolítico formado em clima Quente semiárido no município de Serra Branca PB.

Figura 6 Neossolo Regolítico formado em clima Quente e semiárido no município de Picuí PB

Figura 7 Planossolo Nátrico formado em clima Quente e semiúmido no município de Areia PB

Figura 8 Planossolo Nátrico formado em clima Quente semiárido no município de Soledade PB