

ESTRUTURA, FUNCIONAMENTO E USO DE GEOSSISTEMAS LOCAIS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Structure, functioning, and use of local geosystems in the Brazilian semi-arid

Lucas Costa de Souza Cavalcanti*

Kallia Pereira dos Santos**

Dagner Saimon Souza Santos***

***Universidade Federal de Pernambuco - UFPE / Recife, Pernambuco**

lucascavalcanti3@gmail.com

****Universidade de Pernambuco - UPE / Petrolina, Pernambuco**

kalhasantos@hotmail.com

*****Universidade de Pernambuco - UPE / Petrolina, Pernambuco**

dagnersaimon@yahoo.com.br

RESUMO

O reconhecimento sistemático da estrutura e funcionamento das paisagens do semiárido brasileiro é um passo importante para um entendimento claro e amplo da estabilidade dos geossistemas diante das mudanças ambientais globais e daquelas promovidas pelo uso da terra. Este trabalho teve como objetivo o mapeamento e monitoramento do funcionamento da paisagem no semiárido brasileiro. O local escolhido para o estudo foi a Serra da Santa, um inselberg gnáissico do município de Petrolina, em Pernambuco. Inicialmente foi realizado um mapeamento das unidades de paisagem. Para tanto, foram realizadas descrições da paisagem em 76 pontos na área de estudo. Em seguida, os pontos foram plotados sobre imagem de satélite, servindo de base para o traçado dos limites das unidades. Posteriormente, uma unidade representativa foi monitorada em intervalos de 30 dias a fim de caracterizar variações intra-anuais na paisagem, foram considerados principalmente a fenologia foliar de indivíduos lenhosos e dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e pluviosidade. Foram identificadas 29 unidades de paisagem, posteriormente classificadas num sistema mais amplo. Foram identificados dois momentos de estabilização da estrutura da paisagem e duas transições ao longo do ano de 2015. As paisagens apresentaram-se pouco degradadas, com os principais impactos ambientais registrados a retirada de madeira e extração ilegal de sedimentos e rochas. O local é utilizado para o ensino de geografia, biologia, trilhas, *mountain bike*, motocross, corrida de aventura, acampamento, observação da natureza e como santuário de Nossa Senhora de Lourdes. Recomenda-se medidas de conservação para o local.

Palavras-chave: Geossistemas locais. Estrutura. Sazonalidade. Uso da terra. Semiárido.

ABSTRACT

The systematic recognition of the structure and functioning of Brazilian semi-arid landscapes is an important step to a comprehensive understanding of the geosystems stability in face of global environmental changes. This work deals with the semi-arid landscape mapping and monitoring. The area of interest was the Serra da Santa located in the southeastern of Petrolina municipality in the Pernambuco state (Brazil). First was lead a landscape survey to record information about landforms, soils, vegetation, and land use in 76 different points. After these points were plotted above a satellite image in GIS as a base to draw landscape boundaries. Posteriorly one plot was selected to monitoring a representative landscape based in leaf phenology of woody plants, air temperature and moisture, and rainfall. Field survey allowed identify 29 landscape units after classified in a comprehensive taxonomical system. The monitoring unveiled at least two seasons with stabilization of the landscape structure and two transitional times. Land degradation was little perceived, mainly by punctual illegal deforest and mining. The landscape shows important features to conservation of natural and cultural heritage. The place is often used by people to teaching geography and biology, hiking, mountain biking, motocross,

adventure racing, camping, nature watching and as a sanctuary of Our Lady of Lourdes. Conservation measures are recommended for the site.

Keywords: Local geosystems. Structure. Seasonality. Land use. Semi-Arid.

1. INTRODUÇÃO

Em Geografia, um geossistema pode ser entendido como uma porção da superfície terrestre em que as relações entre os componentes da natureza produziram uma integridade fisionômica e funcional características e diferente do entorno. O termo foi criado por Viktor Sochava intencionalmente para substituir a palavra “paisagem”, propondo um sentido mais restrito à geografia física integrada dos padrões espaciais que compõem a heterogeneidade da superfície terrestre (SEMENOV; SNYTKO, 2013). O estudo de geossistemas é, portanto, um estudo integrado dos padrões físico-ambientais que encontramos na Terra, buscando descrevê-los e compreender seu funcionamento, formação e mudanças, sejam de origem natural ou humana (SOCHAVA, 1977).

Até a metade do século 20, tais estudos integrados assumiram principalmente um enfoque descritivo e cartográfico. Valendo-se dos avanços trazidos pela fotografia aérea e fotogrametria, diferentes pesquisadores propuseram sistemas de mapeamento e classificação de geossistemas, muitas vezes utilizando outros nomes (biótopos, ecótopos, *land systems*, etc.) (CAVALCANTI; CORRÊA, 2014).

O estudo da organização natural das paisagens ganha novos contornos com a consideração do tempo curto como elemento essencial dos geossistemas. É a partir dos esforços de Sochava (1978), Beruchashvili (1989), entre outros, que o estudo das variações intra-anuais das paisagens foi implementado. Hoje, conceitos similares para a compreensão da dinâmica das paisagens são partilhados por pesquisadores de vários países (ISACHENKO, 2007; STRINGHAM; KRUEGER; SHAVER; 2003).

É a partir da observação das fases de funcionamento e mudanças na paisagem que se permite a construção de um esquema epistemológico da Ciência da Paisagem (estudo de geossistemas). Esta disciplina possui quatro direcionamentos principais, a saber: estrutural, funcional, evolutivo e social (Fig. 1).

Figura 1 – Diferentes enfoques do estudo geossistêmico



Fonte: os autores.

No sentido do estudo estrutural das paisagens, algumas questões foram levantadas especificamente para o semiárido brasileiro, a saber: ampliação dos conhecimentos sobre os grupos e subgrupos de paisagens; identificação de táxons sub-regionais; “amarração” dos subgrupos com as diferentes categorias de paisagens locais; levantamento sistemático dos limites de transições e enclaves. (CAVALCANTI, 2016). Visando integrar táxons regionais e locais, este trabalho teve o objetivo de caracterizar aspectos da estrutura, funcionamento e uso de geossistemas locais do semiárido brasileiro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A estrutura dos geossistemas é o arranjo espacial de seus componentes (relevo, rochas, solos, águas, seres vivos, etc.). Isto inclui a disposição vertical e horizontal dos componentes. A disposição vertical refere-se primariamente aos horizontes/camadas de solos, estrutura da vegetação e à posição do nível freático. Em escala local, a menor unidade espacial discernível pela disposição vertical dos componentes é denominada *fácies* (Fig. 2).

Figura 2 – Exemplos de fácies



Encosta rochosa com *Encholirium spectabile* e *Facheiroa squamosa* (esq.); Tálus com solos de textura média sob *Anadenanthera colubrina*. **Fonte:** Cavalcanti (2017).

Localmente, a disposição horizontal inclui a variação do relevo e demais componentes (solos, água, vegetação) ao longo dele. Num sentido taxonômico, inclui principalmente a identificação de grupos de fácies e geossistemas de categorias superiores. Sobre isso, ver o exemplo de mapeamento apresentado por Cavalcanti (2017). Regionalmente, a estrutura dos geossistemas é classificada pela comparação e combinação de unidades morfoestruturais/morfotectônicas com unidades bioclimáticas (ISACHENKO, 1973).

O estudo da estrutura dos geossistemas envolve um movimento sistemático de análise e síntese. Cada elemento que compõe o geossistema precisa ser considerado, mas principalmente deve ser pensado o seu efeito sobre os demais componentes e vice-versa. Um conceito central é o de fatores condicionantes ou *forças motrizes*. Trata-se da ideia de que alguns componentes ou conjunto de componentes condicionam a variação de outros. Alguns trabalhos clássicos sobre fatores condicionantes incluem Humboldt e Bonpland (1805), Peltier (1950); Holdridge (1947; 1966), Strakhov (1967), Jenny (1941). Outros trabalhos importantes que podem ser citados incluem Isachenko (1973), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) e Bailey (2009).

Um tipo de modelo comum na caracterização da estrutura dos geossistemas é aquele que

explicita a variação dos geossistemas em função de condicionantes como o clima, a altitude e o substrato (KRAUKLIS, 1979; WALTER, 1986). Geralmente as propostas assumem condições ambientais médias (o “plakhor” ou “zonobioma”) para a formação de um geossistema.

Tais condições incluem um relevo de topo plano ou plano a suave, longe de corpos hídricos, com substrato de textura média, nível freático ausente ou distante da superfície. Nestas condições, toda a água que entra no geossistema provém exclusivamente da chuva e a textura média pressupõe que a drenagem tende a ser boa e não excessiva (substrato arenoso) ou mal drenada (substrato argiloso). Este tipo de ambiente constitui a fácies zonal ou fácies nativa, seria o geossistema típico esperado para um determinado clima.

As variações (ou derivações) da fácies nativa ocorreriam em função da altitude, de variações no substrato (arenoso, argiloso, com excesso de sais, com água parada com água corrente, congelado, excesso de metais traço, excesso de umedecimento) ou pela influência do uso da terra (derivações antropogênicas dos geossistemas).

Além do condicionamento por forças motrizes, as relações entre os componentes da natureza podem provocar alterar a estrutura dos geossistemas por autorregulação. Interações animal-plantas, relações ecológicas entre as espécies vegetais e a transformação pedológica são alguns exemplos deste tipo de fenômeno (KHOROSHEV, 2016).

É muito difícil, portanto, interpretar a estrutura de um geossistema sem considerar os processos que levaram à sua formação. Localmente, um geossistema é formado quando a atividade morfodinâmica permite o desenvolvimento da pedogênese e o crescimento vegetal. Um evento erosivo intenso, mesmo que espasmódico, pode destruir completamente ou parcialmente um geossistema (SOCHAVA, 1978). Esse conceito é o mesmo encontrado na Ecodinâmica de Tricart (1977) e no esquema de classificação dinâmica da paisagem de Bertrand (1968).

Com a redução da morfodinâmica, diferentes estados de solos e da vegetação passam a se desenvolver. Estes podem alcançar um longo período de estabilidade de até centenas de anos ou mais. Contudo, os estados pedogênicos e vegetacionais podem sofrer com perturbações como o fogo, inundações, desmatamento ou uma retomada da atividade morfodinâmica. Neste sentido, a caracterização da estrutura dos geossistemas deve ter em conta os processos geomorfológicos que levaram à formação daquele geossistema, bem como o desenvolvimento dos solos e vegetação.

Todavia, é importante distinguir o enfoque estrutural dos outros, evolutivo e funcional. O primeiro visa diferenciar e caracterizar a estrutura dos geossistemas em termos de tipos de solos, formas de relevo, vegetação e organização hierárquica. O enfoque evolutivo trata de caracterizar detalhadamente a trajetória de formação da estrutura, bem como inferir paleoestruturas, para tanto, lança mão de proxies paleoambientais (CORRÊA, 2007), sendo ideal uma abordagem que combine indicadores da geomorfologia do Quaternário, geocronologia, micromorfologia de solos, paleovegetação e paleofauna, bem como da história do uso da terra e arqueologia.

Além disso, inclui a observação de mudanças nos solos, relevo e vegetação em parcelas de observação permanente. Deste modo, o estudo evolutivo dos geossistemas pode apresentar uma abordagem “antiga”, olhando para o passado e outra “moderna”, visando acompanhar as mudanças na medida em que acontecem.

Enquanto o direcionamento *estrutural* se preocupa com a caracterização dos geossistemas e o enfoque *evolutivo* aborda as trajetórias de mudanças dos geossistemas, o estudo *funcional* se atém às taxas de operação de um geossistema. Para tanto, baseia-se na caracterização de processos tais como: balanço hídrico, balanço de radiação, ciclagem de nutrientes, fenologia e outros. A utilização de transdutores em estações meteorológicas e torres de fluxo e também o uso de sensoriamento remoto multitemporal tornaram-se ferramentas relevantes para o estudo funcional dos geossistemas. O enfoque social busca compreender modificações, provocadas pela sociedade, na estrutura, funcionamento e evolução dos geossistemas. Uma questão epistemológica interessante aborda a extensão deste enfoque. Para compreendê-lo melhor, é preciso examinar pelo menos dois aspectos que se podem compreender quando em referência ao uso do termo “social”.

O primeiro aspecto envolve a identificação das mudanças nos geossistemas em função do uso da terra (ex.: qual o efeito do pastoreio sobre a vegetação e os solos? Como o desmatamento afetou os processos morfodinâmicos, pedogenéticos e de sucessão ecológica?). Este aspecto exige uma caracterização e investigação do uso da terra, sua história e seus efeitos (impactos ambientais) sobre os geossistemas. A base para a resolução das questões demanda um *know-how* das Ciências da Terra, uma vez que a necessidade é o entendimento de um processo natural sendo afetado por uma intervenção humana.

O segundo aspecto, de caráter complementar, consiste na identificação de fatores ambientais, políticos, econômicos, sociais e antropológicos que condicionaram o uso da terra (ex.: porque a açudagem se tornou tão comum no semiárido no início do século XX?). Neste ponto é perceptível um movimento do físico ao humano, uma vez que a questão norteadora enfatiza principalmente elementos e processos da organização social. A base para a resolução das questões demanda um *know-how* maior das Ciências Humanas, uma vez que a necessidade é o entendimento do processo da introdução de uma técnica num determinado ambiente.

Observando os trabalhos de Sochava (1977) e Bertrand (2007), percebe-se que o primeiro aspecto do enfoque social do estudo de geossistemas é comum a ambos os pesquisadores. Contudo, o segundo aspecto é muito mais evidente na proposta integradora do Geossistema-Território-Paisagem (modelo GTP) de Bertrand (2007).

Enquanto a abordagem russo-soviética do estudo de geossistemas demanda um *know-how* das Ciências da Terra, no modelo GTP fica mais evidente a busca pela agregação, também, de um corpo teórico e metodológico das Ciências Humanas. Ainda assim, o geossistema (no GTP) é restrito a um “canal de percepção” naturalista, que só se torna *ressource* no contexto de um determinado território.

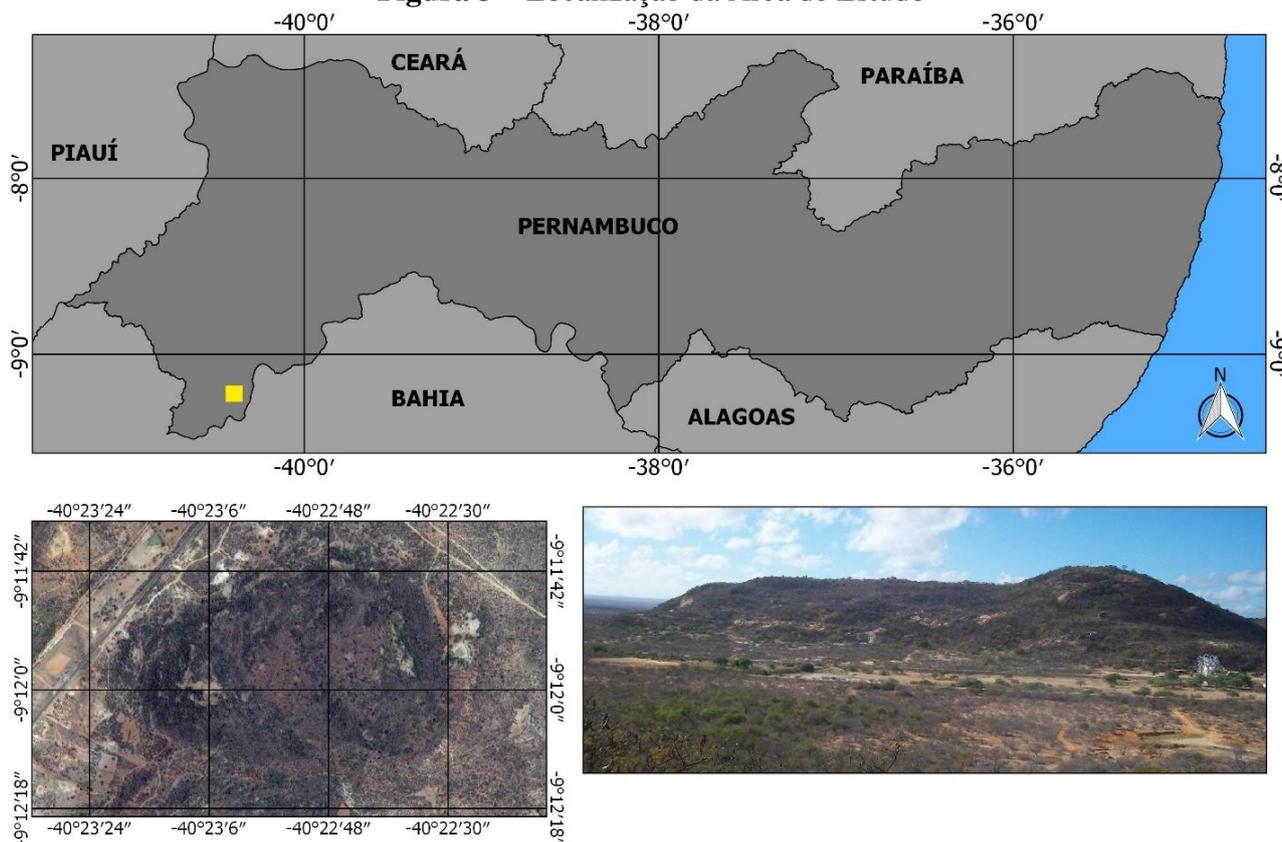
Tanto em Sochava, quanto em Bertrand, um geossistema é considerado como uma formação natural, com estrutura, funcionamento e trajetória particular e autônoma em relação à sociedade, sendo, contudo, afetado por esta. O uso da terra é o meio pelo qual uma sociedade modifica os geossistemas em que habita.

Num sentido metodológico, pode-se dizer que enquanto o primeiro aspecto se refere diretamente à modificação dos geossistemas, o segundo aspecto levanta informações sobre o contexto social que tornou esta mudança possível. Embora o estudo da influência de construções sócioantropológicas sobre o uso da terra (a exemplo da estética paisagística e do discurso sobre os recursos naturais) informe sobre o tipo de mudanças que um geossistema pode sofrer, ela não detalha *como* essas mudanças ocorrem.

No plano epistemológico, o enfoque social do estudo de geossistemas se atém, *stricto sensu*, ao primeiro aspecto descrito acima, buscando descrever e caracterizar os impactos ambientais decorrentes do uso da terra. O segundo aspecto, que contextualiza socialmente os impactos ambientais, ajuda a entender parte das mudanças que podem ter ocorrido nos geossistemas, contudo possui um caráter secundário, em relação às questões primárias de caráter físico-ambiental.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para a realização deste trabalho foi a Serra da Santa, localizada no município de Petrolina, no Sertão do Estado de Pernambuco (Fig. 3) e abrangendo uma área de aproximadamente 2,5km². O local está situado às margens da BR-428 com uma distância aproximada de 26 km da sede municipal, mais precisamente entre as coordenadas -40°23'06" e -9°12'00". A Serra da Santa tem esse nome em função de uma capela construída em homenagem a Nossa Senhora de Lourdes, onde está abrigada a imagem da Santa homônima.

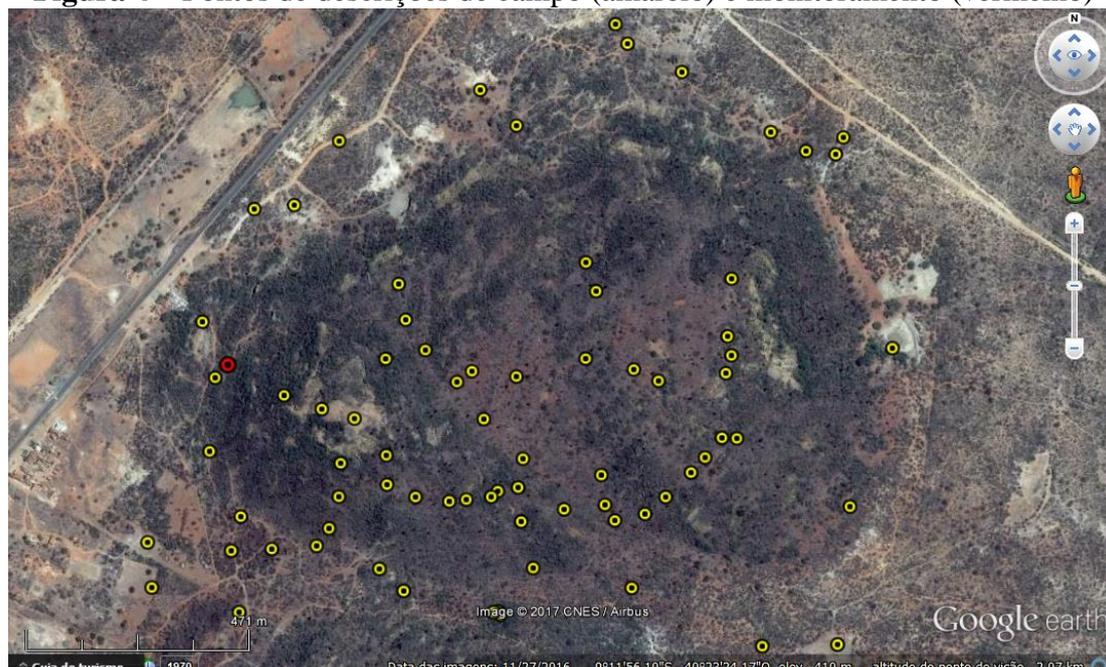
Figura 3 – Localização da Área de Estudo

Fonte: os autores.

Num sentido físico-geográfico, a área de estudo está inserida no conjunto dos terrenos rebaixados do embasamento cristalino com caatingas (CAVALCANTI, 2016). O clima é semiárido quente marcado pelas temperaturas elevadas e irregularidade de chuvas (SANTOS & CAVALCANTI, 2014). A Serra da Santa consiste num inselberg cuja litologia predominante é um metagranito (SOBRINHO, 2017).

Visando reconhecer a estrutura e o funcionamento da paisagem, foram escolhidos dois conjuntos de procedimentos distintos. O primeiro deles foi a cartografia das paisagens e o segundo o registro de dados fenológicos. A cartografia de paisagem é uma atividade que busca a representação dos complexos naturais espacialmente delimitáveis. Nesse sentido, essa atividade configura-se como uma técnica bastante utilizada na diferenciação do terreno para finalidades diversas (CAVALCANTI, 2014).

Planejou-se a elaboração de um mapa na escala 1:4.000 (impressão em A3) a partir de observações de campo, compreendendo descrições físico-geográficas da paisagem. Essa etapa consistiu na delimitação de parcelas de 20mx20m com posterior observação e registro dos atributos da paisagem como relevo, solo, vegetação e uso da terra, além de informações mais gerais como altitude e coordenadas geográficas. Foram realizadas cinco campanhas de campo nas seguintes datas: 17/05/2014; 06/10/2014; 04/10/2014; 30/06/2015 e 03/10/2015, compondo um total de 76 pontos descritos (Fig. 4). Em campo, foram utilizados os seguintes equipamentos: câmara fotográfica, receptor GPS, pá, fita métrica, trena de 20m, caderneta de campo e carta de cores de solos (*Munsell Soil Color Book*).

Figura 4 – Pontos de descrições de campo (amarelo) e monitoramento (vermelho)

Fonte: os autores.

Os gêneros e espécies das plantas foram identificadas com auxílio do “Guia de Campo de Árvores da Caatinga” (SIQUEIRA FILHO et al., 2009), do manual “Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades” (MAIA, 2004). Além disso, as espécies desconhecidas foram fotografadas e apresentadas primariamente em um fórum de determinação botânica (DetWeb¹), sendo em seguida comparadas com exsicatas disponíveis no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Herbário Virtual da Flora e dos Fungos² e na Lista de Espécies da Flora do Brasil³.

Posteriormente, os dados de campo foram organizados numa planilha eletrônica e importados para o QGIS 2.14 como arquivo de texto delimitado. No ambiente SIG, os dados foram convertidos para um arquivo de pontos e sobrepostos à imagem de satélite disponível na base do Google. Para tanto, foi utilizado o plugin *Quick Map Services*. Utilizando as ferramentas de digitalização, construiu-se um arquivo das unidades de paisagem.

Inicialmente foram definidas e digitalizadas unidades geomorfológicas com base na tipologia proposta por Cavalcanti, Lira e Corrêa (2016). Em seguida, avaliou-se a variação da composição vegetacional no interior das unidades geomorfológicas, caso uma geoforma apresentasse mais de vegetação, o polígono era deletado e em seu lugar eram digitalizados polígonos correspondentes às unidades vegetacionais ocorrendo naquela unidade geomorfológica. Na legenda final, a nomenclatura da unidade de paisagem passou a conter informações do relevo e vegetação (ex.: *Tálus sob caatinga com angico-de-carçoço, jurema preta e marizeiro*). Contudo, quando foi necessário, o uso da terra foi incluído (ex.: *Tálus adaptado para uso religioso*).

Após a elaboração do mapa, tentou-se harmonizar a legenda com a proposta inicial de Cavalcanti (2016) para os geossistemas do semiárido brasileiro. Desta forma, as informações foram agrupadas segundo uma tipologia hierárquica previamente estabelecida.

A caracterização do funcionamento das paisagens voltou-se para o entendimento de estados e fases intra-anuais, para os quais Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), sugerem a combinação de dados meteorológicos e fenológicos. Para tanto, este trabalho foi baseado na observação de fenofases foliares de uma parcela e nos dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia.

Foi estabelecida uma parcela de 30mx30m, localizada na meia encosta sobre um depósito de tálus recoberto por caatinga arborizada. A parcela foi estabelecida sobre um trecho de depósito de tálus com declividade de 24.7° e orientação para NW. Os solos encontrados na parcela foram

Neossolos Litólicos, Cambisolos Háplicos e Afloramento rochoso (20-10-70). A espécie mais abundante na parcela foi angico de caroço (*Anadenanthera collubrina*) ocupando o dossel.

O subdossel era composto por velame (*Croton heliotropifolius*) e rompe-gibão (*Eritroxylum pungens*) num primeiro nível e xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) num segundo nível. Outras espécies presentes foram facheiros azuis (*Pilosocereus pachycladus pernambucensis*) e braúna (*Schinopsis brasiliensis*) ambos ocupando o dossel e favela (*Cnidocolus quercifolius*) e pinhões (*Jatropha sp.*) no subdossel. O piso florestal apresentou-se composto por ervas anuais, destacando-se *Abutilon sp.* O quadro 1 sumariza os indivíduos monitorados na parcela.

Quadro 1 – Média da Composição e Estrutura dos indivíduos observados na parcela

Espécie	Altura média (m)	N. de indivíduos observados
Angico de caroço (A)	5,8	10
Velame (V)	2,4	4
Rompe-gibão (R)	2,6	6
Pinhão (P)	2,6	2
Favela (F)	4,5	1
Braúna (B)	5,0	1

Fonte: os autores.

Foram numerados os indivíduos de acordo com a espécie. Para cada um mediu-se a altura, a circunferência ao nível do solo, estrato e a relação entre cobertura e abundância. Durante o ano de 2015, registraram-se as fenofases do sistema foliar de cada indivíduo marcado num intervalo médio de 30 dias. Os dados foram anotados numa planilha criada com auxílio do programa *Microsoft Word*. Para registro dos dados foi utilizado um código que posteriormente serviu para representação gráfica do comportamento foliar (quadro 2). No Excel os dados em códigos foram tabelados em intervalos mensais de acordo com cada visita e por nomeação em código para cada planta.

Quadro 2 – Tipologia de Fenofases do Sistema Fotossintético

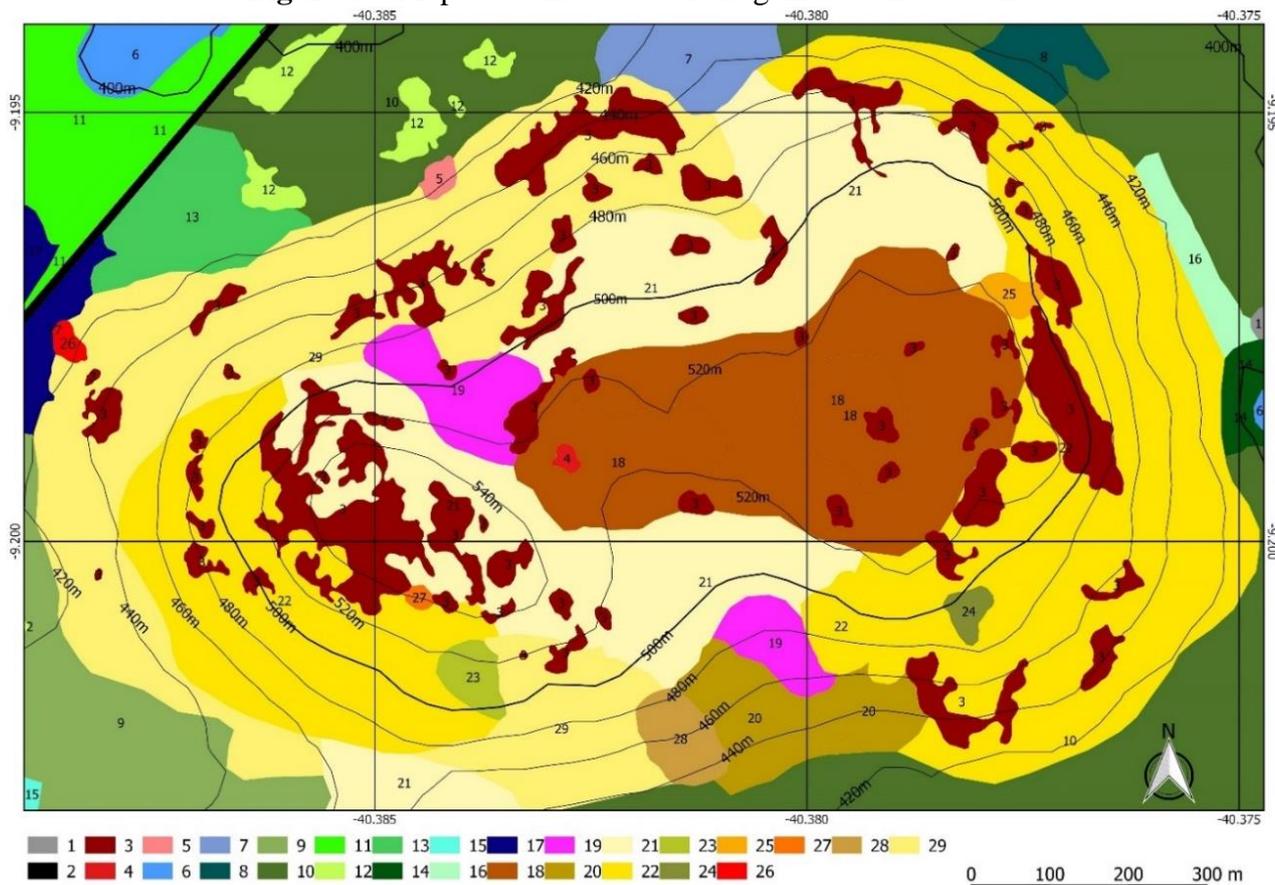
Fenofase	Código	Código para o Excel
Cobertura de Folhas >75% da Copa	Cf ₃	6
Cobertura de Folhas entre 25% e 50% da Copa	Cf ₂	5
Início do Crescimento de Folhas	Cf ₁	4
Início da Queda de Folhas	Qf ₁	3
Queda de Folhas entre 25% e 50% da Copa	Qf ₂	2
Queda de Folha >75%	Qf ₃	1
Sem Folhas	Sf	0

Fonte: os autores.

Também foram utilizados dados meteorológicos diários de 2015 dos seguintes temas: precipitação, temperatura do ar (máxima, mínima e média) e umidade relativa do ar média. Todos da estação 82983 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Petrolina. Os dados foram tabulados no Excel e por meio de gráficos, foram comparados à variação da fenofase foliar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Serra da Santa, foram identificadas 29 unidades de paisagem (Fig. 5) a partir da descrição de 76 pontos no inselberg e arredores próximos. Para detalhe da legenda, ver o quadro 3.

Figura 5 – Mapa de Unidades de Paisagem da Serra da Santa

Fonte: os autores.

Quadro 3 – Legenda do Mapa de Unidades de Paisagem

DOMÍNIO DAS CAATINGAS	
Caatinga dos Terrenos Rebaixados	
Caatinga dos Terrenos Rebaixados do Embasamento Cristalino	
Caatinga dos Terrenos Rebaixados e Pouco Acidentados do Embasamento Cristalino	Caatinga dos Terrenos Rebaixados e Acidentados do Embasamento Cristalino
<i>Caatinga de Pedimentos</i>	<i>Caatinga de Inselbergs</i>
1. Depósito tecnogênico argiloso	3. Lajedo com cactos e macambira-de-flecha
2. Estrada com ervas marginais	4. Lajedo com jurema preta, canafístula e canela-de-ema
6. Barreiro artificial com formações hidrófilas	5. Lajedo degradado por pedreira irregular
7. Pedimento inumado sob caatinga com angico-de-caroço, braúna, favela/urtigas	18. Patamar estrutural sob caatinga com angico-de-caroço, cactos e alecrim
8. Pedimento inumado sob caatinga com cactos, canafístula e pinhão	19. Rampa de colúvio sob caatinga com angico-de-caroço, cactos e favela/urtigas
9. Pedimento inumado sob caatinga com catingueira e jurema preta	20. Tálus sob caatinga com angico-de-caroço, abutilon e velame
10. Pedimento inumado sob caatinga com catingueira, jurema preta, braúna, favela/urtigas e imbiruçú	21. Tálus sob caatinga com angico-de-caroço, cactos e alecrim com ou sem rompe-gibão
11. Pedimento inumado sob caatinga degradada com catingueira, jurema preta, canafístula e malva	22. Tálus muito acidentado sob caatinga com angico-de-caroço, cactos e alecrim com ou sem rompe-gibão
12. Pedimento inumado/exumado degradados para extração irregular de sedimentos	23. Tálus sob caatinga com angico-de-caroço, jurema preta e marizeiro
13. Pedimento inumado sob caatinga com jurema preta, braúna e cactos	24. Tálus sob caatinga com aroeira, umbuzeiro e velame
14. Pedimento inumado sob caatinga modificada com juazeiro, carnaubeira e algaroba	25. Tálus sob caatinga com braúna, velame e alecrim
	26. Tálus modificado para uso religioso

15. Pedimento inumado sob caatinga degradada com umbuzeiro	27. Tálus sob caatinga com pau-de-leite, velame e alecrim
16. Pedimento inumado desmatado	28. Tálus muito acidentado sob caatinga com angico-de-carço, cactos, bromélias, favela/urtigas
17. Pedimento inumado modificado para uso residencial/comercial	29. Tálus sob caatinga com angico-de-carço, cactos e alecrim com ou sem rompe-gibão

Fonte: os autores.

Sobre os depósitos de tálus, a cobertura vegetal é caracterizada por uma caatinga arborizada, ocasionalmente florestada dominada por *Anadenanthera colubrina* em 73,3% dos pontos, seguido por cactos diversos (em 56,7% dos pontos), favelas e urtigas do gênero *Cnidoscolus* (em 50% dos pontos) e alecrim (*Lippia* sp. em 43,3% dos pontos). Outras plantas comuns foram *Erythroxylum pungens* (33,3%), *Encholirium spectabile* (26,7%), *Croton heliotropifolius* (20%), *Abutilon* sp (16,7%), *Schinopsis brasiliensis* (10%), *Spondias tuberosa* (6,7%), *Sapium glandulosum* (6,7%), *Cordia glabrata* (6,7%), *Aspidosperma pyrifolium* (3,3%), *Myracrodruon urundeuva* (3,3%) e *Geoffroea spinosa* (3,3%).

Sobre os lajedos, a cobertura vegetal é predominantemente rupestre com cactos em 94,1% dos pontos descritos. Outras plantas comuns são *Anadenanthera colubrina* ocorrendo preferencialmente sobre fraturas em 52,9% dos lajedos, *Senna reticulata* (47,1%), *Cnidoscolus* sp. (35,3%) e *Encholirium spectabile* (41,2%) está muitas vezes apresentando grandes populações. Plantas menos comuns foram *Schinopsis brasiliensis* (11,8%), *Aosa rupestris* (11,8%), *Mimosa tenuiflora* (5,9%) e *Vellozia plicata* (5,9%).

Nos patamares estruturais, a vegetação apresenta-se como uma caatinga arborizada, dominada comumente por *Anadenanthera colubrina*, *Lippia* sp. e cactos diversos, ocorrendo nos três pontos amostrados (100%). Destaca-se também a presença ocasional de *Commiphora leptophloeos* e *Spondias tuberosa* em um dos pontos amostrados (33,3%).

As rampas de colúvio, se estendem da base do *inselberg* até parte dos pedimentos, recobrando estes. A vegetação é de caatinga arborizada, ocasionalmente florestada onde dominam mais frequentemente *Cenostigma nordestinum* (45%), *Mimosa tenuiflora* (40%), *Schinopsis brasiliensis* (40%), cactos (40%) e *Cnidoscolus* sp. (40%). Outras ocorrências menos comuns são *Pseudobombax simplicifolium* (30%) e *Anadenanthera colubrina* (20%). Algumas plantas foram comuns em um, dois ou três dos pontos observados, a saber: *Ziziphus joazeiro* (15%), *Prosopis juliflora* (10%), *Myracrodruon urundeuva* (10%), *Senna reticulata* (10%), *Geoffroea spinosa* (10%), *Erythroxylum pungens* (5%), *Copernicia prunifera* (5%) e *Jatropha* sp. (5%).

No pedimento, a caatinga é florestada a arborizada tendo como plantas mais frequentemente dominantes *Mimosa tenuiflora* (66,7%), *Cenostigma nordestinum* (50%), cactos (50%), *Senna reticulata* (33,3%), *Erythroxylum pungens* (33,3%) e *Pseudobombax simplicifolium* (16,7%).

Cabe destacar que nos compartimentos de solos mais rasos e pedregosos do *inselberg* da Serra da Santa a população de *Anadenanthera colubrina* foi expressiva tanto no tálus (73,3%), nos lajedos (52,9%) e nos patamares estruturais (100%). Já na parte baixa do *inselberg* nas áreas de rampas de colúvio, a referida espécie foi dominante em apenas 20% dos pontos observados, não sendo observada no pedimento.

Nesta transição das rampas de colúvio para o pedimento, cresce a expressão de *Mimosa tenuiflora* e *Cenostigma nordestinum*, esta última nem sequer ocorre no tálus, lajedo nem nos patamares estruturais. Contudo, sua presença é comum na rampa de colúvio (45%) e principalmente no pedimento (50%).

A estrutura das unidades geomorfológicas revela um desmantelamento do corpo gnáissico associado a uma falha normal com direção aproximada NW-SE, com rampas colúvias associadas. É possível aventar a hipótese de que o surgimento dos lajedos e dos depósitos de tálus e rampas estejam associados à movimentação neotectônica do falhamento. É clara a existência de um núcleo elevado e erodido na porção oeste da Serra da Santa, cuja característica principal é a exposição as rochas

cristalinas (lajedo). Contudo, apenas um detalhamento geocronológico e morfoestratigráfico vai permitir sanar a questão.

O desenvolvimento da vegetação intriga pelo fato de que as espécies arbóreas, com exceção de alguns pontos sobretudo no tálus, não apresentam porte elevado (>10m). Isto pode indicar perturbações frequentes no desenvolvimento da caatinga. Estas podem ser de origem social (ex.: desmatamento) embora seja pouco provável que algumas áreas mais íngremes tenham sido desmatadas, além de não ser evidente o desbaste na maioria dos pontos observados. Neste sentido, é possível que perturbações naturais (ex.: secas severas) possam ser responsáveis por mudanças na vegetação. Outra hipótese seria uma vida curta para as plantas locais.

O desnível criado pelo inselberg afeta os processos pedogenéticos, sendo comum encontrar ambientes de oxidação nas partes mais elevadas (solos brunados a alaranjados) e mesmo nos sopés, rampas e pedimentos inumados por colúvio. Contudo, nas áreas mais rebaixadas, sobretudo aquelas degradadas pela retirada de sedimentos para finalidades econômicas, é comum observar feições associáveis a ambientes redutores e até de oxirredução.

4.1. Uso da terra

A função religiosa da Serra da Santa é o elemento mais facilmente identificado em termos de uso da terra. Frequentemente fiéis visitam a capela cuja escadaria possui cerca de 90 degraus. Na capela encontra-se a imagem de Nossa Senhora de Lourdes, que foi trazida do Rio de Janeiro em 1950 e que recebe peregrinações anuais no mês de maio. Na capela, percebe-se a presença de diversos objetos trazidos pelos fiéis e que são deixados lá, como forma de agradecimento por bênçãos alcançadas, também há outras imagens no local, como a do Padre Cícero.

Ainda existe uma trilha que termina no topo da Serra, onde encontra-se um cruzeiro, local utilizado para finalidades diversas, desde trilhas e contemplação da natureza até a realização de peregrinação e vigílias. A trilha que conduz até o cruzeiro possui um percurso de 625 metros. O tempo estimado para chegar até o topo é cerca de 30 minutos de caminhada. O Cruzeiro está assentado sobre um lajedo com caatinga dominado por cactáceas e bromélias, sendo comum encontrar outras plantas como *Senna* sp. e *Aosa* sp. O percurso até o topo apresenta algumas limitações. Para chegar até o cruzeiro é necessário a caminhada pelo lajedo cujo grau de inclinação é elevado, assim neste ponto, o esforço físico é maior em relação ao restante da trilha. Há uma trilha que circunda o lajedo por um depósito de tálus, menos íngreme.

Do ponto de vista educacional, a área possui elementos que podem ser abordados em atividades de aulas práticas nos componentes curriculares de Geografia (ex: as formas de relevo, geologia, solo, vegetação), Biologia (ex: fauna, flora), História (ex: registro da comunidade em relação à formação da Serra da Santa e relatos de pessoas), e Artes (ex: desenho da paisagem observada). Esse tipo de atividade pode ser desenvolvido em áreas de pedimento onde o relevo é mais plano e oferece menos riscos (Fig.12). Na trilha que conduz até o cruzeiro, também é possível a realização de atividades educacionais (FERREIRA JÚNIOR, 2015).

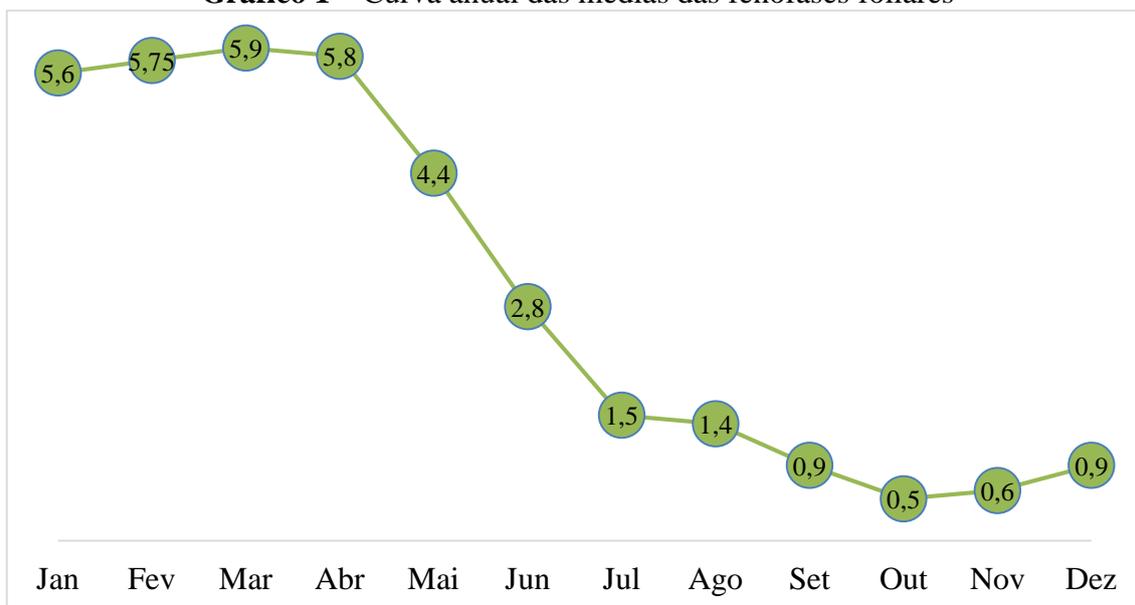
Em relação às atividades recreativas, foi notado que as pessoas que frequentam a área realizam atividades como acampamento, prática observada no ponto quatro (4) no topo do cruzeiro. Outra atividade verificada na área foi a prática de esportes radicais (Motocross, *Mountain bike* e corrida de aventura).

Com relação ao estado de conservação da paisagem, observa-se acúmulo de lixo (garrafas de vidro, copos descartáveis, restos de fogos de artifício, etc.), pichação das rochas e retirada ilegal de areia e rochas no local. Trata-se de uma área com uso frequente pelos moradores locais e de municípios próximos, mas que não recebe a devida atenção do poder público municipal no sentido da conservação do patrimônio.

4.2. Evidência de estados e fases do ciclo anual

As médias das fenofases foliares dos diferentes elementos lenhosos foi plotada no gráfico 1, apresentando uma curva anual com valores mais elevados estáveis de janeiro até o final de março (máximo de cobertura foliar), queda acentuada entre abril e julho e estabilização (mínimo de cobertura foliar) a partir do final de julho até dezembro.

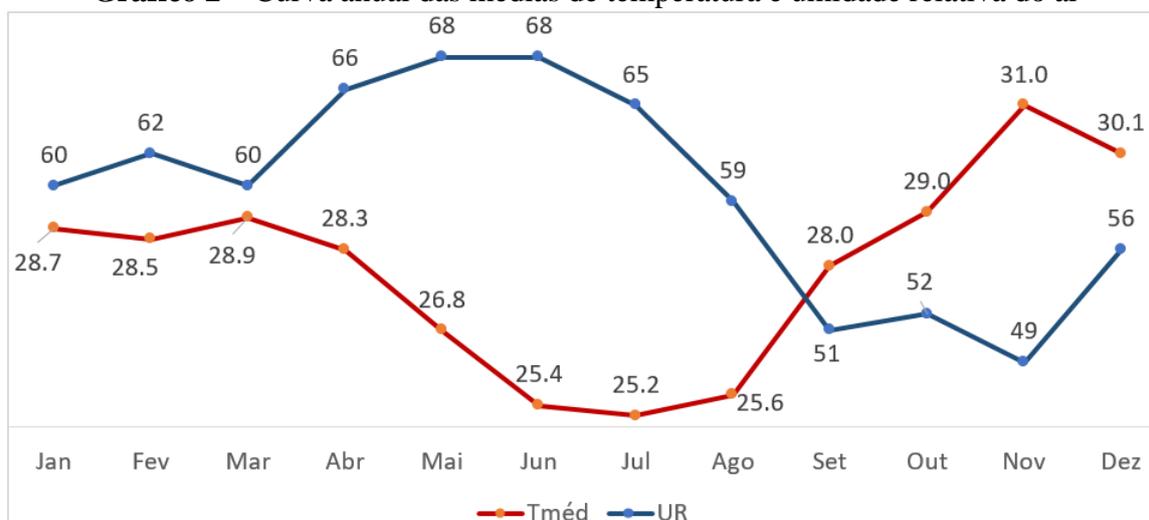
Gráfico 1 – Curva anual das médias das fenofases foliares



Fonte: os autores.

A temperatura do ar apresentou o seguinte comportamento: estabilidade entre janeiro e abril (em torno de 28°C), um período de arrefecimento de abril a julho e um período de aquecimento acentuado a partir de agosto até dezembro. A umidade relativa do ar se manteve estável até março, com aumento entre abril e junho e queda pronunciada a partir de julho até novembro, voltando a subir em dezembro (gráfico 2).

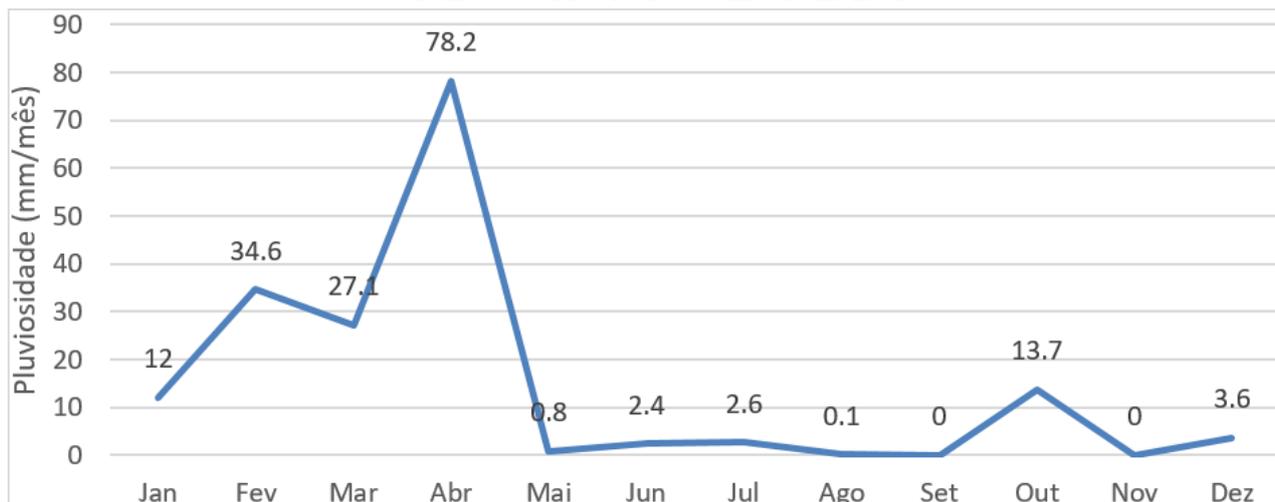
Gráfico 2 – Curva anual das médias de temperatura e umidade relativa do ar



Fonte: INMET. Organizado pelos autores.

A pluviosidade anual foi de 175,1 mm, contando o ano apenas 30 dias chuvosos, dos quais 21 ocorreram entre janeiro e abril, concentrando 86,9% da precipitação anual (152,2 mm). Dos 22,9 mm restantes, 13,7 mm precipitaram num único dia (10/10). Entre 09/07 e 09/10, houve registro de apenas 0,1 mm no dia 18/08. Em setembro e novembro não houve registro de pluviosidade (gráfico 3). É interessante notar que mesmo o máximo de precipitação ocorrendo em abril, a queda foliar manteve-se progressiva a partir de maio. Do mesmo modo, os primeiros sinais de crescimento foliar após o período seco só foram registrados em dezembro, não aparentando ser as plantas afetadas pelo evento chuvoso de outubro. Isto pode indicar uma ‘memória’ do componente vegetal do geossistema analisado.

Gráfico 3 – Pluviosidade média mensal



Fonte: INMET. Organizado pelos autores.

Segundo o dito popular, a caatinga possui duas fases anuais. A primeira delas é chamada de *Verde* por ser uma época do ano com a predominância da vegetação com a completa cobertura de folhas. A partir do final de agosto a configuração da fisionomia da *Magrém*, a mata branca, sem folhas, é mais evidente. Há queda mais expressiva, contínua e severa nos valores de umidade do ar, em contraponto ao aumento da temperatura do ar. As chuvas tornam-se escassas e episódicas. A paisagem se estabiliza numa fisionomia de latência, seca (Fig, 6).

Figura 6 – Fisionomia da Paisagem em Junho (acima) e Novembro (abaixo)



Fonte: os autores.

Num esforço de classificação dos estados intra-anuais das paisagens, *Verde* e *Magrém* refletem mais propriamente dois estados de estabilização da estrutura da paisagem, sem grandes

mudanças fisionômicas, estendendo-se de janeiro a abril e do final de agosto ao início de dezembro, respectivamente (quadro 6).

Entre estes dois grandes estados de estabilização é possível identificar pelo menos dois estados transicionais. Um deles, mais prolongado, inclui as transformações que ocorrem entre abril e junho, caracterizando duas fases, uma outonal, com arrefecimento e umidificação, bem como progressiva queda foliar, apresentando inclusive descoloração das folhas em tons amarelados e alaranjados (Fig. 7). A outra fase, invernal, foi característica dos meses de julho e início de agosto, com as menores temperaturas do ano (máximo arrefecimento) e maiores registros de umidade relativa do ar (máxima umidificação), marcando o final da queda foliar.

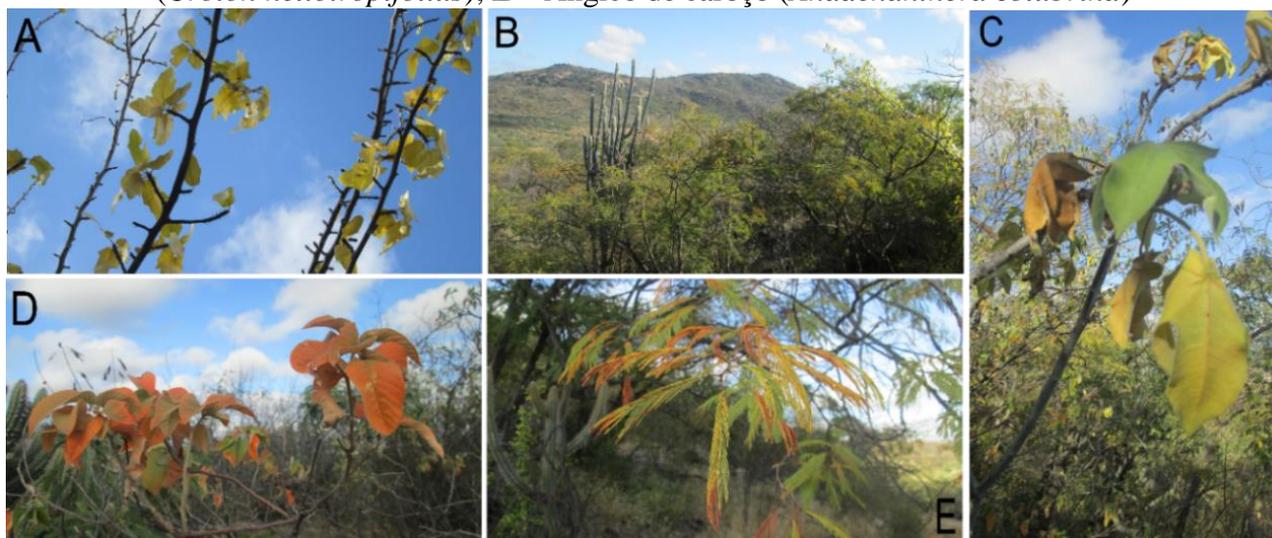
Quadro 6 – Principais Estados e Fases do Ciclo Anual da Paisagem em 2015

Estado	Fase	Período	Características da Paisagem
Estabilização	Veranal-Outonal (Verde)	Janeiro a abril	Época das chuvas (86% da precipitação anual). Estabilidade da máxima cobertura foliar. Estabilidade térmica e hídrica, com leve umidificação em abril.
Transição	Outonal	Abril a junho	Arrefecimento e umidificação. Progressão da queda foliar com descoloração (tons amarelados e alaranjados).
	Invernal	Julho a início de agosto	Máximo arrefecimento e máxima umidificação. Queda foliar progressiva.
Estabilização	Invernal-Primaveril (Magrém)	Final de agosto ao início de dezembro	Aquecimento e ressecamento acentuados. Estabilização da mínima cobertura foliar (<i>magrém</i>).
Transição	Pré-veranal	Final de dezembro	Reumidificação. Primeiros sinais de crescimento foliar (gemas e primeiras folhas).

Fonte: os autores.

O outro estado transicional manifestou-se por uma leve reumidificação acompanhada dos primeiros sinais de crescimento foliar, com gemas e primeiras flores. Ocorreu no final de dezembro, sugerindo um retorno ao estado de estabilidade veranal.

Figura 7 – Ressecamento das folhas na transição outono-inverno. A – Favela (*Cnidoscolus quercifolius*); B – Vista geral do dossel na parcela; C – Pinhão (*Jatropha molissima*); D – Velame (*Croton heliotropifolius*); E – Angico de caroço (*Anadenanthera colubrina*)



Fonte: os autores.

É importante esclarecer que este trabalho caracterizou estados intra-anuais para uma caatinga de *Anadenanthera colubrina* que cresce sobre Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos

desenvolvidos num depósito de tálus com recobrimento desigual de colúvio de textura média. Unidade de paisagem inserida num inselberg de clima semiárido. Outras feições do próprio inselberg ficaram de fora (lajedos e sopés colúviais), bem como as paisagens de formações adjacentes, os pedimentos. As limitações foram principalmente de ordem logística.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu caracterizar aspectos importantes da estrutura, funcionamento e uso dos geossistemas da Serra da Santa, servindo como uma referência para comparações posteriores com outras unidades de paisagem do semiárido brasileiro. De outro modo, também foi possível construir hipóteses sobre o desenvolvimento das unidades de paisagem, apontando caminhos para a pesquisa geomorfológica do Quaternário e também para a pesquisa ecológica de longa duração.

Os dados sobre o funcionamento da paisagem, ainda que iniciais, configuram fundamento para o conhecimento das variações intra-anuais dos geossistemas da Serra da Santa, podendo ser comparados com outras paisagens semiáridas. Contudo ainda é necessário o estudo da extensão das fases do ciclo anual, bem como dos estados apresentados em outras áreas.

Além disso, o trabalho permite subsidiar o reconhecimento da Serra da Santa como patrimônio local, uma vez que é considerada por muitos como sendo um atrativo de ordem religiosa, esportiva, recreativa e pedagógica. Neste sentido, destaca-se a necessária intervenção do poder público a fim de garantir a preservação da Serra. Medidas de proteção devem ser tomadas, sobretudo, visando a recuperação e manutenção do estado de conservação do patrimônio.

NOTAS

¹ [Facebook/groups/171157419593991/](https://www.facebook.com/groups/171157419593991/)

² <http://inct.splink.org.br/>

³ <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio ao projeto 472137/2014-0 da Chamada MCTI/CNPQ/MEC/CAPES Nº 22/2014 - Ciências Humanas, Sociais e Sociais Aplicadas.

REFERÊNCIAS

BAILEY, R. G. *Ecosystem geography: from Ecoregions to Sites*. 2 ed. New York: **Springer**, 2009. 251 p.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest**, v. 39, fasc. 3, p. 249-272, 1968.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007. 332p.

BERUCHASHVILI, N. L. **Etologia da paisagem e cartografia dos estados do meio natural**. Tbilisi: Editora da Universidade de Tbilisi: 1989. 196 p. [em russo].

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 96p.

CAVALCANTI, L. C. S. Geossistemas de Curaçá, Bahia. **Clio Arqueológica**, v.32, n.3, p. 61-87, 2017.

CAVALCANTI, L. C. S. Geossistemas do semiárido brasileiro: considerações Iniciais. **Caderno de Geografia (PUC-Minas)**, v. 26, n. 2, p. 214-228, 2016.

CAVALCANTI, L. C. S. Geossistemas de Curaçá: reflexões na interface. **Revista Clio Arqueológica**, 2017.

CAVALCANTI, L. C. S.; CORRÊA, A. C. B. Da descrição de áreas às sínteses naturalistas: uma abordagem historiográfica sobre a ideia de 'áreas naturais'. **Espaço e Geografia (UNB)**, v. 17, n. 2, p. 377-422, 2014.

CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R.; CORRÊA, A. C. B. Tipologia de geformas para cartografia de detalhe no Semiárido Brasileiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 16. **Anais...** Maringá: UEM, 2016. p.1-8.

CORRÊA, A. C. B. O geossistema como modelo para a compreensão das mudanças ambientais pretéritas: uma proposta de geografia física como ciência histórica. In: SÁ, A. J.; CORREA, A. C. B. **Regionalização e análise regional: perspectivas e abordagens contemporâneas**. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 2007, p. 33-45.

FERREIRA JÚNIOR, W. G. **Análise Comparativa de Metodologias de Ensino de Geografia**. 2015. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Geografia). Universidade de Pernambuco, Petrolina, 2015.

HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data. **Science**, v. 105, n. 2727, p. 367-368, 1947.

HOLDRIDGE, L. R. The life zone system. **Adansonia**, v.6, n.1, p. 199-203, 1966.

HUMBOLDT, A.; BONPLAND, A. **Essai sur la géographie des plantes, accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales fondé, sur des mesures exécutées, depuis le 10e degré de latitude boréale jusqu'au 10e degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803**. Paris: Chez Levrault, Schoell et Compagnie, Libraries, 1805. 157 p.

ISACHENKO, A. G. **Principles of Landscape Science and Physical Geographic Regionalization**. Melbourne: Melbourne University Press. 1973. 311p.

ISACHENKO, G. A. Long-term conditions of Taiga landscapes of European Russia. In: DYAKONOV, K. N., KASIMOV, N. S., KHOROSHEV, A. V., KUSHLIN, A. V. **Landscape Analysis for sustainable development: theory and applications of landscape science in Russia**. Moscou: Alexpublishers, 2007. p. 144-155.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York: McGrawHill, 1941. 293 p.

KHOROSHEV, A. V. **Organização Multiescalar da Paisagem Geográfica**. Moscou: KMK, 2016. 412 p.

KRAUKLIS, A. A. **Problemas de Ciência da Paisagem Experimental**. Novasibéria: Nauka, 1979. 233 p. [em russo].

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura e Arte, 2004. 413 p.

PELTIER, L. C. The geographical cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology. **Annals of the Association of American Geographers**, n. 40. v. 3, p. 214-236, 1950.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2004. 222 p.

SANTOS, K. P.; CAVALCANTI, L. C. S. Considerações sobre a estrutura das paisagens no sudeste de Petrolina-Pernambuco. In: SEMANA DE GEOGRAFIA DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 20., 2014, Petrolina. **Anais...** Petrolina: UPE, 2014. p. 1-10.

SEMENOV, Y. M.; SNYTKO, V. A. The 50th Anniversary of the Appearance of V. B. Sochava's First Article on the Geosystem. **Geography and Natural Resources**, vol. 34, n. 3, p.5-8, 2013.

SIQUEIRA FILHO, J. A. S; SANTOS, A. P. B; NASCIMENTO, M. F. S; SANTO, F. S. E. **Guia de campo árvores da caatinga**. Petrolina: Editora e gráfica Franciscana, 2009. 64p.

SOBRINHO, V. R. S. **Projeto Chorochó-Macururé: Itamotinga, Folha SC24-V-D-I. Carta Geológica Preliminar**. Salvador: CPRM, 2017. 1 mapa color. Escala 1:100.000.

SOCHAVA, V. B. **Introdução à Teoria do Geossistema**. Novasibéria: Nauka, 1978. 320p. [em russo].

SOCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em questão**, IGUSP, São Paulo, n. 16, p. 1-51, 1977.

STRAKHOV, N. M. **Principles of lithogenesis**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1967. 577p.

STRINGHAM, T. K., KRUEGER, W. C.; SHAVER, P. L. State and transition modeling: an ecological process approach. **Journal of Range Management**, n. 56, 106-113, 2003.

TRICART, J. F. L. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977. 91p.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: EPU, 1986. 325p.

Data de submissão: 16.07.2017

Data de aceite: 21.08.2018

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.