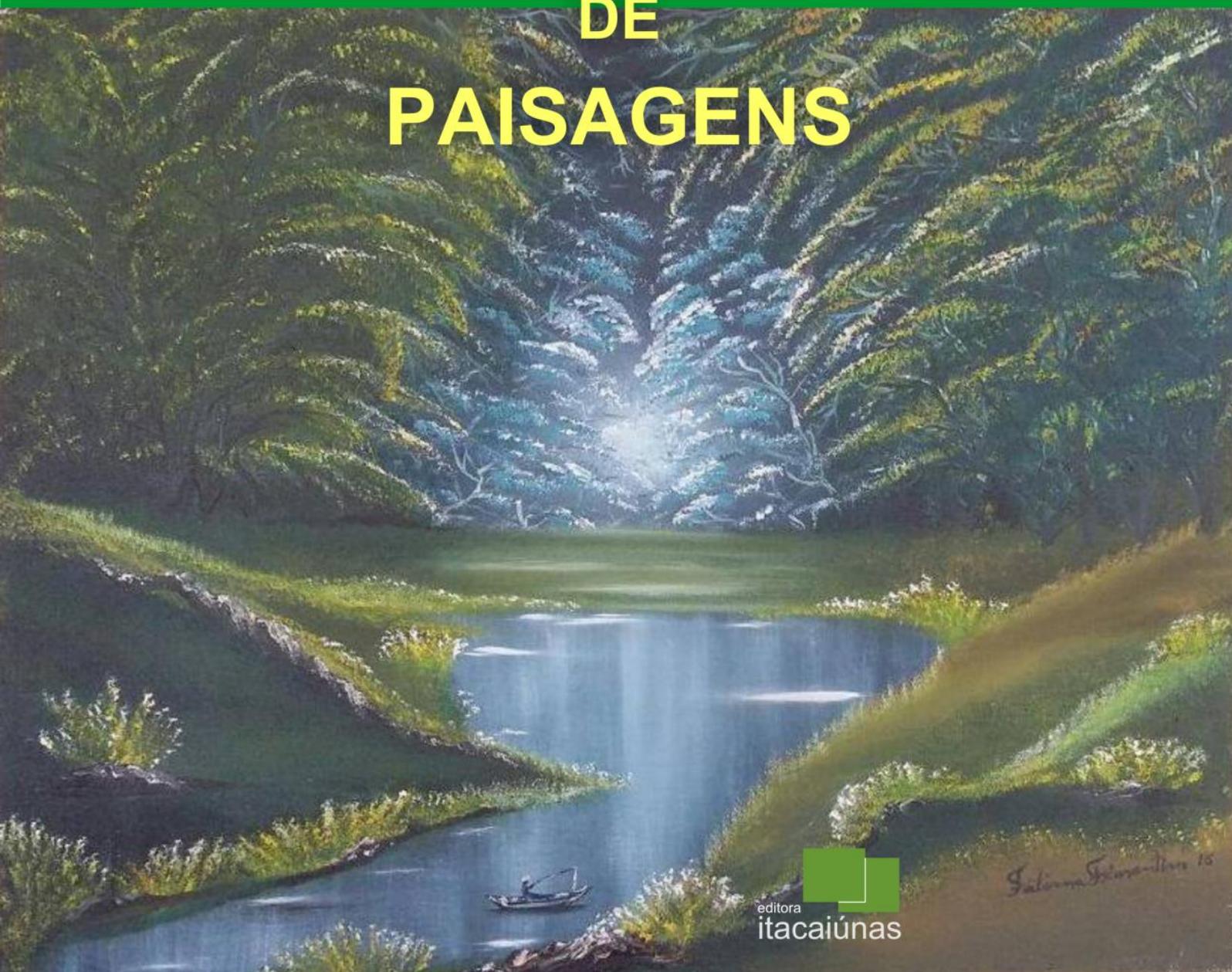


Lucivânio Jatobá
Alineaurea Florentino Silva

**ESTRUTURA E DINÂMICA ATUAL
DE
PAISAGENS**



© 2017 by Lucivânio Jatobá e Alineaurea Florentino Silva
Todos os direitos reservados.

Capa e Editoração eletrônica
Itacaiúnas Comércio e Serviços
(Foto de capa: acervo dos autores)

Conselho editorial
Colaboradores:
João Santos Nahum
Viviane Corrêa Santos
Márcia Aparecida da Silva Pimentel
Josimar dos Santos Medeiros
Luis Fernando Cardoso e Cardoso

Editor de publicações
Walter Luiz Jardim Rodrigues

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J39e

Jatobá, Lucivânio
Estrutura e dinâmica atual de paisagens [livro eletrônico] /
Lucivânio Jatobá e Alineaurea Florentino Silva – 1.Ed. –
Ananindeua: Itacaiúnas, 2017.
107p. il: PDF

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-9535-040-3

1. Geografia Física 2. Geografia 3. Dinâmica da Paisagem
I. Silva, Alineaurea Florentino. II. Título.

CDD-918.1

O conteúdo desta obra, inclusive sua revisão ortográfica e gramatical, bem como as imagens, são de responsabilidade de seus respectivos autores, detentores dos Direitos Autorais.

Esta obra foi publicada pela Editora Itacaiúnas em outubro de 2017

Lucivânio Jatobá
Alineaurea Florentino Silva

**ESTRUTURA E DINÂMICA ATUAL
DE
PAISAGENS**

1ª edição

Editora Itacaiúnas
Ananindeua-PA
2017

Apresentação

Este ensaio foi concebido com o intuito de fornecer a estudantes e professores de Geografia, Biologia e Ciências Ambientais os fundamentos da análise das paisagens. O tema central proposto gira em torno do assunto paisagens, principalmente no que concerne a estruturação e a dinâmica atual das mesmas. A abordagem realizada foi essencialmente interdisciplinar, mas feita com uma preocupação didática, para torna-lo mais acessível.

As paisagens já vêm sendo abordadas há muitos anos por diversos ramos do conhecimento científico, notadamente pelas Ciências Geográficas e Ambientais. Cada um desses analisando-as sob uma ótica própria. É um assunto que encerra expressivo grau de complexidade e demanda principalmente uma efetiva inter-relação estabelecida entre as ciências da sociedade e da natureza. Sem dúvida, um tema fascinante!

Paisagem é concebida como a aparência de uma área ou região. Concebe-se também a paisagem como uma formação natural, ou seja, resultado da conexão dialética dos fatores e elementos do quadro natural. Procurou-se nesse trabalho caracterizar a paisagem como um sistema de elementos que se encontram relacionados e origina determinadas unidades. Um sistema complexo em sua essência.

O enfoque dado pelos autores a esse texto foi eminentemente de Geografia Física, uma vez que trata da própria estruturação natural das paisagens, algo que ocorreu numa escala de tempo prolongada e que antecede a existência do ser humano na superfície terrestre. Contudo, reconhecem os autores, o tratamento social e econômico é indispensável à análise e interpretação de paisagens. A paisagem não é apenas o domínio natural. A sociedade interfere, às vezes com celeridade, no desenvolvimento de vários elementos paisagísticos, desequilibrando-os consideravelmente.

Três ramos do conhecimento científico foram enfatizados no texto: a Geoecologia de Paisagem, a Geomorfologia e a Pedologia. A Geoecologia da Paisagem, ramo da Geografia Física que vem atravessando uma fase de notável desenvolvimento científico no país, fornece informações que serão de grande utilidade ao planejamento ambiental. A Geomorfologia, que se volta para a gênese e a evolução dos compartimentos geomorfológicos, os quais, muitas vezes, individualizam paisagens, foi empregada para explicar a complexa interação entre fatores tectônicos, litológicos e erosivos que respondem pela diversidade de feições de relevo presentes nas unidades de paisagem. Utilizaram-se, ainda, as noções fundamentais de Pedologia, a ciência dos solos, que permitiram um exame das formações superficiais, nas quais o homem desenvolve as atividades agrárias, de fundamental importância à sobrevivência da sociedade.

A estruturação do texto foi estabelecida com a finalidade de torná-lo didático e acessível às pessoas que estão entrando em contato com a temática ressaltada na obra. No primeiro capítulo abordam-se os principais aspectos e fundamentos da Geoecologia da Paisagem. Foram esquadrihados vários assuntos, tais como os conceitos de paisagem, as unidades de paisagens e a fundamentação teórica sobre geossistemas. O segundo capítulo recebeu um enfoque geomorfológico, fornecendo ao leitor as bases gerais da ciência do relevo terrestre. Trata-se de um capítulo que dissecou a interação dialética entre os vários fatores responsáveis pela delimitação das unidades de paisagem. No terceiro capítulo, apresenta-se um exemplo interessante de compartimentação de unidades de paisagem numa escala regional. Analisaram-se as Unidades de Paisagem do Semiárido Nordeste, redigido com base no texto de 1996, escrito por Marcos José Nogueira de Souza, José Gerardo de Oliveira, Rachel Caldas Lins e Lucivânio Jatobá. Algumas alterações foram introduzidas na redação original desse

trabalho, mas sem comprometer a sua essência, que permitem ao leitor a observação de como podem ser estabelecidas e descritas grandes unidades de paisagem. No capítulo seguinte são interpretadas as relações entre clima- solo-vegetação nas paisagens. Examinam-se as diferentes formas de inter-relações entre esses elementos dos sistemas naturais existentes nas paisagens. O último capítulo é dedicado à caracterização geoambiental do Projeto Pontal, situado em pleno Geossistema da Depressão Sertaneja, no município de Petrolina, em Pernambuco. É um exemplo simples de descrição e análise interdisciplinar de paisagens.

Os autores esperam que a leitura desse trabalho possa servir como ferramenta aos novos pesquisadores para a construção de futuros textos sobre paisagem e meio ambiente, contribuindo para um melhor embasamento das dissertações e teses realizadas sobre o tema em pauta, bem como para todas as pessoas que têm interesse pela leitura sobre a estrutura e dinâmica atual de paisagens naturais.

*Lucivânio Jatobá
Alineaurea Florentino Silva*

Lista de figuras

- Figura 1. A interdisciplinaridade no estudo das paisagens
- Figura 2. Representação hipotética de unidades de paisagem
- Figura 3. Unidades de Paisagem do Município de Apucarana (PR)
- Figura 4. Representação esquemática das conexões dialéticas entre os diversos componentes naturais de um geossistema. A, B, C, D - elementos naturais da paisagem.
- Figura 5. Retalhos da superfície de erosão no geossistema. Cristalino Setentrional, a oeste da cidade de Timbaúba (PE)
- Figura 6. Modelo de Geossistema. (Modificado de Bolós, 1992)
- Figura 7. Esquema clássico representativo do estudo do Geossistema, segundo Bertrand
- Figura 8. Hierarquização de paisagens no Geossistema da Depressão Sertaneja
- Figura 9. A Geomorfologia e a interdisciplinaridade
- Figura 10. Escarpa de falha erodida em terrenos graníticos.
- Figura 11. Afloramento de milonitos na Serra das Russas, Pombos-PE.
- Figura 12. Compartimento de relevo desenvolvido em rochas horizontalmente dispostas.
- Figura 13. Corte de estrada exibindo uma estrutura subsuperficial da paisagem intensamente fraturada
- Figura 14. Crista desenvolvida em dique de diabásio
- Figura 15. Garganta de superimposição da drenagem. Boqueirão de Palheiras-RN
- Figura 16. Representação esquemática de paisagens em ambiente tectonicamente falhado
- Figura 17. Grandes marcas da estrutura geológica na paisagem.
- Figura 18. Elementos de uma paisagem cuestiforme
- Figura 19. Gênese e evolução de paisagens cuestiformes
- Figura 20. Representação esquemática de paisagens do tipo chapada e mesas
- Figura 21. Paisagem em fase resistásica.
- Figura 22. Representação esquemática de um pedimento dissecado.
- Figura 23. Trecho da Chapada do Araripe (PE)
- Figura 24. Depressão sertaneja no Estado do Ceará
- Figura 25. Depressão Sertaneja no Agreste de Pernambuco
- Figura 26. Extensão aproximada do Planalto da Borborema
- Figura 27. Planaltos com coberturas calcárias.
- Figura 28. Maciço Residual.
- Figura 29. A unidade de paisagem Chapada Diamantina e adjacências
- Figura 30. Planície Costeira no Estado do Ceará
- Figura 31. Trecho da Planície Fluvial do São Francisco, no limite entre os estados de Pernambuco e Bahia
- Figura 32. Mapa demonstrativo da classificação de Köppen no mundo
- Figura 33. Produção Brasileira de alho (toneladas) entre os anos 2002 e 2016.
- Figura 34. Plantio de pornunça próximo à mata nativa (Caatinga). Petrolina-PE, 2013.
- Figura 35. Umidade relativa média mensal (%) na Estação Agrometeorológica do Bebedouro, durante os anos de 2011, 2012 e 2013. (Petrolina-PE 09°09'S 40°22'W).
- Figura 36. Umidade relativa média diária ao longo do mês de novembro de 2014, na Estação Experimental do Bebedouro (vermelho) e área do Projeto Pontal (verde), Petrolina-PE.
- Figura 37. Valores médios diários de albedo da videira Syrah no Submédio Vale do São Francisco em função dos dias após a poda. Onde a linha vermelha indica o albedo médio diário durante o ciclo.
- Figura 38. Fatores de formação do solo.

Figura 39. Ilustração de exemplos de solos nas regiões áridas e tropicais.

Figura 40. Exemplo de solo formado por transporte. Local: Trecho da Rodovia BR 101, entre Recife-PE e João Pessoa-PB.

Figura 41. Dinâmica do movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, em paisagens naturais.

Figura 42. Área ao lado do Açude Paraguaçu, município de Petrolina-PE.

Figura 43. Localização esquemática do Projeto Pontal.

Figura 44. Área de influência direta do meio biótico no Projeto Pontal. Detalhe dos afluentes e local de desembocadura do Riacho Pontal

Figura 45. Riachos que serpenteiam sobre o interior de Petrolina. Riacho Cruz de Salinas e Tanque Novo e Riacho Pontal (destaque), onde está localizado o presente trabalho.

Figura 46. Reservatórios localizados ao longo da bacia do Riacho Pontal.

Figura 47. Visão panorâmica de trecho do riacho Pontal, na Comunidade Amargosa, com destaque para o pavimento detrítico (detalhe acima à esquerda, apresentando seixos de quartzo, angulosos e subangulosos) e área experimental de plantio.

Figura 48. Visão real do terraço de cascalheiro (pavimento detrítico) próximo a área do experimento (esquerda) e área do experimento com vestígios de seixos quartzosos remobilizados do terraço de cascalheiros (direita).

Figura 49. Bloco diagrama apresentando detalhe da compartimentação geomorfológica da área adjacente ao Riacho Pontal.

Figura 50. Mapa de avaliação do relevo da região do Riacho Pontal (em destaque).

Figura 51. Relevo da área de estudo, dentro do Projeto Pontal, inserido no município de Petrolina.

Figura 52. Precipitação média anual no período de 1931 a 1961 para o Nordeste do Brasil.

Figura 53. Esquema das massas de ar que atuam na atmosfera inferior sobre a América do Sul, segundo Serra e Ratisbonna.

Figura 54. Zonas climáticas da América do Sul, África e Oriente Médio, segundo a classificação de Köppen.

Figura 55. Algumas áreas do Nordeste do Brasil consideradas de “sombra de chuva”. As áreas deprimidas são as pontilhadas.

Figura 56. Média de temperatura mínima para o mês de julho entre os anos de 1961 e 2014 em Petrolina-PE incluindo linha de tendência.

Figura 57. Temperatura média do ar do município de Petrolina no período entre 1961 e 2014.

Figura 58. Tendência de precipitação em Chade, Nigéria e Austrália.

Figura 59. Precipitação em Petrolina entre 1955 e 2015.

Figura 60. Regime de chuvas para Pernambuco.

Figura 61. Esquema dos diversos sistemas atmosféricos atuantes na área de trabalho.

Figura 62. Vórtice ciclônico agindo sobre o nordeste brasileiro. Data: 27 de fevereiro de 2014. A imagem mostra forte nebulosidade responsável por aguaceiros na área de Petrolina e adjacências. O centro desse vórtice que é seco e estável encontrava-se sobre o território baiano (destaque em amarelo).

Figura 63. Possibilidades climáticas para a cultura da mandioca.

Figura 64. Fluxos de penetração da população para o interior do Nordeste, no século XVI e XVII, apresentando a Penetração Baiana (linha contínua) e a Pernambucana (linha pontilhada).

Figura 65. Mapa do Projeto Pontal, destacando as comunidades presentes no espaço geográfico determinado para a instalação do Projeto.

Figura 66. Estrada que atravessa o Projeto Pontal, detalhe para o canal de irrigação com água presente.

Figura 67. Residências de diferentes características presentes no Projeto Pontal.

SUMÁRIO

Capítulo 1 Geocologia das paisagens

- 1.1 Conceito de paisagem
- 1.2 Unidades de Paisagem
- 1.3 Geossistema
- 1.3.1 Processos de degradação em Geossistemas de ambientes tropicais
 - a) Áreas Sem Degradação
 - b) Áreas pouco degradadas
 - c) Áreas degradadas
 - d) Áreas muito degradadas

Capítulo 2 Análise geomorfológica das paisagens

- 2.1 O que é Geomorfologia?
- 2.2 Análises Morfoestrutural e Morfoclimática das paisagens
- 2.2.1 Análise Morfoestrutural de paisagens
 - 2.2.1.1 Estruturas geológicas ativas e o relevo terrestre
 - 2.2.1.2. Estruturas geológicas antigas e o relevo terrestre
 - 2.2.1.2.1 Paisagens geomorfológicas tabuliformes
- 2.2.2 Análise Morfoclimática de Paisagens
 - 2.2.2.1 Paisagens Geomorfológicas do Domínio Morfoclimático Semiárido

Capítulo 3 Unidades de Paisagem do Semiárido Brasileiro

- 3.1 Unidades De Paisagem do Semiárido brasileiro
 - 3.1.1 Planaltos Sedimentares
 - 3.1.2 Depressão Sertaneja
 - 3.1.3 Planalto da Borborema
 - 3.1.4 Planalto com Coberturas Calcárias
 - 3.1.5 Maciços Residuais
 - 3.1.6 Chapada Diamantina e Encostas do Planalto Baiano
 - 3.1.7 Tabuleiros Costeiros
 - 3.1.8 Planície Costeira
 - 3.1.9 Grandes Planícies Aluviais

Capítulo 4 Relação “clima-solo-planta” na Análise Integrada de Paisagens

- 4.1 Relações entre a planta e a atmosfera
 - 4.1.1 A temperatura
 - 4.2.2 Umidade Atmosférica
 - 4.2.3 Albedo
- 4.2 Relações solo-atmosfera presentes na paisagem
 - 4.2.1 Conceito de solos

Capítulo 5 Caracterização Geoambiental da área do Projeto Pontal, Petrolina-PE

- 5.1 Metodologia do trabalho
- 5.2 O projeto pontal
- 5.3 Características geomorfológicas
- 5.4 Principais solos encontrados na área
 - 5.4.1 Argissolos
 - 5.4.2 Luvisolos
- 5.5 Condições climáticas ambientais
- 5.6 O processo histórico de ocupação do espaço regional
- 5.7 Projetos irrigados instalados na região e o projeto pontal

Considerações finais

Referências bibliográficas

CAPÍTULO 1

Geoecologia das paisagens

Lucivânio Jatobá



1.1 Conceitos de paisagem

A paisagem é um dos temas que maior interesse desperta na Análise Geoambiental, particularmente nas ciências geográficas e nas ciências biológicas. Ela encerra uma complexa interação entre elementos abióticos, bióticos e antrópicos, como lembra a Geógrafa espanhola, Maria Bolós (1992).

A expressão paisagem possui vários significados, que variaram ao longo do tempo. No contexto mais geral, a paisagem é definida como uma porção do território com características próprias, que resultam da interação de processos naturais e antrópicos ao longo do tempo (MAZZONI, 2014).

Uma grande variedade de ciências e disciplinas acadêmicas ocupam-se com a descrição e análise das paisagens, tais como, Artes, Engenharia, Filosofia, Arquitetura, Biologia e Geografia. Cada uma delas expressou um conceito próprio de paisagem. Existe portanto, certa dificuldade para se encontrar uma definição de paisagem que poderia ser aceita por todos os ramos científicos mencionados.

As paisagens observadas na superfície terrestre correspondem ao conjunto de elementos do quadro natural (condições climáticas ambientais, corpos líquidos, compartimentos e feições de relevo, litomassa, solos, formações vegetais e fenômenos do domínio cultural), que se encontram em conexão dialética. O agrupamento desses elementos implica sempre na formação de unidades hierarquizadas de diversas ordens de paisagens.

A análise das paisagens, a partir de um prisma geográfico e ecológico, tem sido realizado há décadas por diversos autores (Troll, 1950; Rougerie, 1969; Bertrand, 1971, Panareda, 1973; Beroutchachvili, 1978; Tricart e Killian, 1982; Bolós, 1992 entre outros), constituindo assim uma importante contribuição ao planejamento ambiental.

O ecólogo e geógrafo Carl Troll (1950) definiu paisagem como uma porção da superfície terrestre com uma unidade espacial que, por sua imagem exterior e pela atuação conjunta de seus fenômenos, da mesma forma que as relações de posições interiores e exteriores, tem um caráter específico, distinguindo-se de outros por fronteiras geográficas e naturais. Foi Troll quem estruturou teoricamente um novo ramo científico, a Ecologia da Paisagem (Landscape Ecology).

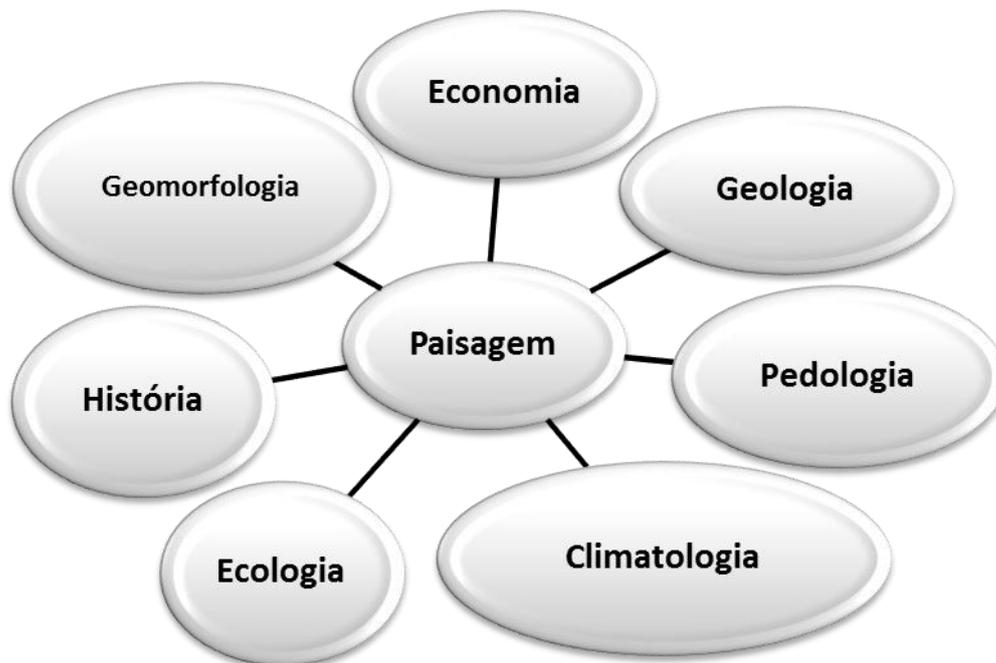
En concreto, a finales de la década de 1930, el geógrafo Carl Troll utilizó por primera vez la expresión landscape ecology, que definió como el estudio de toda la complejidad de relaciones causa-efecto que existen entre las comunidades de seres vivos y sus condiciones ambientales en una sección específica de paisaje (Troll, 1939). Una definición que venía a complementar la de paisaje (Landschaft-Landscape) utilizada en el siglo XIX por Alexander von Humboldt (pionero, entre otras materias, de la geografía física y la geobotánica), como «el conjunto de características de una región de la Tierra» (Naveh y Lieberman, 1994). (SUBIRÓS et al., 2006: p. 153).

Panareda (1973) conceituou paisagem como sendo um sistema de relações em que os processos se encadeiam em conjunto, afetando as estruturas dos aspectos espaço-temporais dos fenômenos. A ideia de conjunto de processos e fenômenos naturais ou não, aparece em praticamente todos os conceitos conhecidos sobre paisagem.

O estudo das paisagens sob o enfoque da Geoecologia de Paisagens pressupõe a interdisciplinaridade estabelecida entre diversos ramos do conhecimento científico, particularmente das geociências, em face dos vários elementos que compõem as paisagens (Figura 1) e que demandam análises específicas, com metodologias particulares. Tal é o caso da interpretação geomorfológica da gênese de determinadas paisagens continentais, a exemplo de sistemas montanhosos, pediplanos em ambientes semiáridos, vales elaborados a partir da interferência tectônica etc.

A Geoecologia examina as paisagens naturais e antroponaturais a fim de criar um meio de habitat e um local adequado para os seres humanos (RODRIGUEZ e SILVA, 2013). Ela considera e privilegia os seres humanos no elo do biótico nos geossistemas.

Figura 1. A interdisciplinaridade no estudo das paisagens



A Geoecologia da Paisagem procura diagnosticar as condições qualitativas das paisagens em escalas regional e local e tem como objeto de estudo a paisagem natural, dentro de uma concepção que a concebe como uma realidade geográfica (Silva e Rodriguez, 2011). Segundo essa ótica, a Geoecologia é uma ciência de caráter ambiental e que auxilia consideravelmente na análise e diagnóstico das bases naturais do espaço geográfico.

A Geoecologia da Paisagem tem uma fundamentação teórica constituída por um conjunto de métodos e técnicas de análise que permite um diagnóstico integrado, dialético. Essa ciência teve, inicialmente, seus princípios baseados na Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanfy, 1968), mas atualmente vem recebendo um aporte filosófico considerável do Materialismo Dialético.

PARA SABER MAIS:

A Geoecologia da Paisagem é um ramo da Geografia Física que vem avançando bastante nos meios acadêmicos brasileiros, notadamente nas ciências geográficas e ambientais. Corresponde a um sistema de métodos, procedimentos e técnicas de investigação com o objetivo de obter conhecimentos científicos sobre o meio natural, com os quais pode-se estabelecer um diagnóstico operacional, segundo defendem Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007). É uma abordagem que se notabiliza principalmente pelo enfoque multidisciplinar e sistêmico, bem como por utilizar um método de síntese de diversos ramos do conhecimento (JATOBÁ: 2017).

A Teoria Geral dos Sistemas, nos seus primórdios, buscou entender as relações ecológicas entre os elementos e fatores formadores das paisagens e as propriedades destas. Essas relações são causa das propriedades das paisagens, tais como: os compartimentos e

feições de relevo; os padrões de drenagem; a fisionomia da cobertura vegetal, a biodiversidade, o grau de estabilidade dos processos geomorfológicos etc.

Segundo Rodriguez (1998), essa análise geocológica em pauta é um estudo do sistema, da classificação, da função e da taxionomia das estruturas e conhecimento dos fatores que modificam as paisagens.

1.2 Unidades de Paisagem

O estudo da dinâmica das paisagens naturais pressupõe um entendimento da estruturação delas, mas não se podem abstrair, dessa análise, as relações dialéticas entre as variáveis físico-geográficas e a sociedade, daí ser essa interpretação algo de caráter eminentemente interdisciplinar, da qual participam as geociências e as ciências sociais e econômicas. Agem sobre essas estruturas referidas as atividades antrópicas, que passam a influenciar, às vezes fortemente, o funcionamento das unidades de paisagem em sua totalidade.

A estruturação natural das paisagens que se vislumbram nas áreas emersas continentais remonta a uma escala de milhares a milhões de anos antes do Presente e resultou de uma interação muito complexa entre fenômenos verificados na Litosfera, na Atmosfera, na Hidrosfera e na Biosfera. A quase totalidade das paisagens brasileiras, considerando aspectos genéticos, geomorfológicos e a categoria tempo, foi elaborada durante o Quaternário. Um poucas paisagens são mais antigas, tendo sido datadas como do Plioceno e do Oligoceno. A estrutura geológica que funcionou como substrato para o desenvolvimento das paisagens atualmente observadas no Brasil é, contudo, muito mais antiga, tendo idade até pré-cambriana. Mas é preciso lembrar que a idade da estrutura geológica não coincide obrigatoriamente com a idade da compartimentação do relevo; esta é sempre muito mais jovem.

Christofolletti (1997) considerava a paisagem como um campo de investigação da Geografia e que precisaria ser entendida como um sistema ambiental físico e socioeconômico.

Para Aleksandrova (1989), a paisagem deverá ser vista como sistema material, dinâmico e complexo, além de uma integração de geossistemas naturais.

A paisagem é uma unidade e integração de geossistemas naturais que se manifestam entre geossistemas semelhantes e diferentes, em escalas variadas, interagindo tanto no sentido vertical como horizontal, no seu e nos geossistemas vizinhos, numa constante transmissão de substância e energia” (ALEKSANDROVA, 1989: p.26).

A paisagem é um sistema dinâmico que troca matéria e energia com o exterior, e possui uma morfologia, um comportamento e um funcionamento. À Geoecologia não interessa apenas a análise da estrutura da paisagem que define, inclusive, o Geossistema, anteriormente mencionado, e sim buscar entender as causas e as conseqüências das ações dos fatores ambientais que definirão padrões espaciais da fisionomia das paisagens. Turner (1989) defende que no estudo das paisagens, mais especificamente os sistemas de paisagens, deve-se: investigar a evolução e a dinâmica da heterogeneidade espacial, ou seja, o modo como esses sistemas se originam e evoluem; buscar as relações entre as paisagens heterogêneas e as trocas existentes entre elas e desvendar a influência que a própria heterogeneidade dos mosaicos de paisagens exerce sobre os processos abióticos e bióticos da paisagem.

Toda paisagem possui certa fisionomia, que é determinada por uma dada estrutura, isto é, pela repetição de manchas, mosaicos, corredores e limites que adquirem formas diversas, segundo ressaltam Ferreira et al (2001).

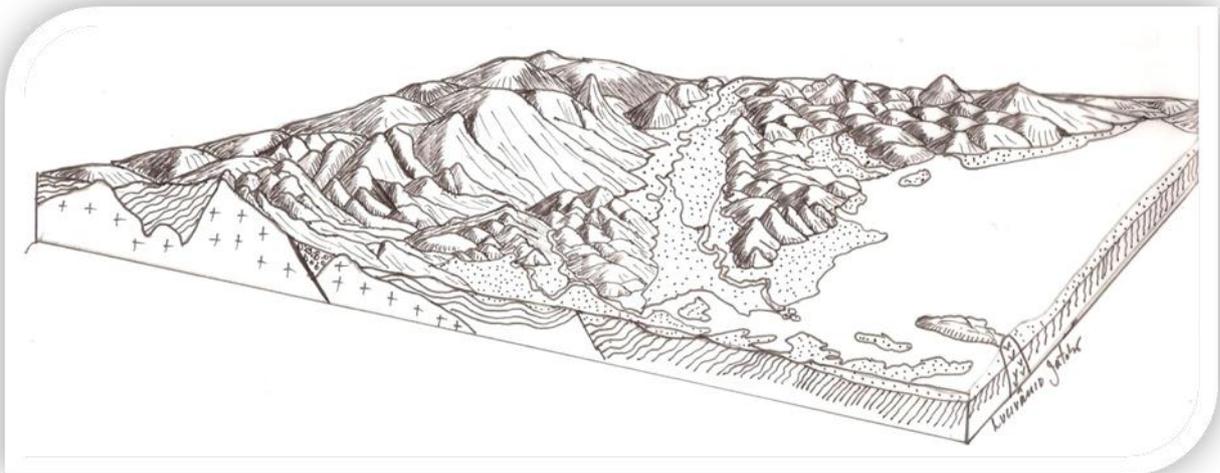
Um conceito relevante nos estudos de Geocologia da Paisagem diz respeito ao que se denomina “unidade de paisagem”. A compartimentação e a delimitação territorial são um recurso de grande utilidade para a identificação de uma unidade de paisagem. A unidade de paisagem pode ser definida, de uma maneira simplificada, como um espaço material que se diferencia, em linhas gerais, do espaço circundante, sendo assim uma área singularizada por

aspectos naturais relativamente homogêneos (Figura 2). A delimitação de unidades de paisagem pode ser feita a partir da combinação de informações extraídas de mapas temáticos (relevo, solo, litomassa, cobertura vegetal etc).

PARA SABER MAIS...

O espaço geográfico é um conjunto dinâmico formado por estruturas espaciais móveis no tempo e no espaço. A porção visível deste complexo constitui a paisagem geográfica. No entanto, grande parte de seus mecanismos fundamentais escapam à percepção humana (PANAREDA: 1973, p. 157).

Figura 2. Representação hipotética de unidades de paisagem



Para a delimitação das unidades de paisagem podem ser empregados materiais cartográficos, tais como: mapas geológicos, mapas das unidades de relevo, cartas topográficas, imagens Landsat, fotografias aéreas, além dos dados socioeconômicos obtidos de censos econômicos e agropecuários.

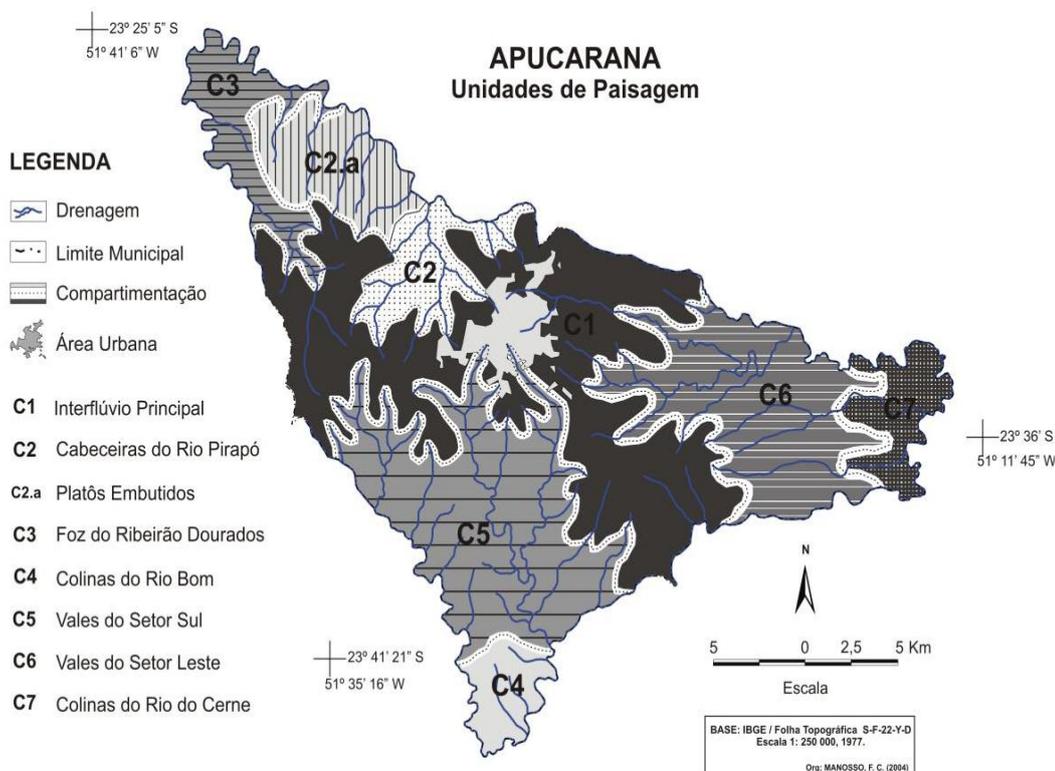
Utilizando-se a proposta de Bertrand (1971), pode-se ter um conjunto de unidades de paisagem em escalas que vão do zonal ao microespaço. É possível, então, como uma primeira aproximação, estabelecer as seguintes unidades de paisagem: a) Zona, b) Domínio, c) Região Natural, d) Geossistema, e) Geofácies e d) Geótopo (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplos de unidades de paisagem

UNIDADES DE PAISAGEM	EXEMPLOS
ZONA	EQUATORIAL
DOMÍNIO	DOMÍNIO DAS CAATINGAS
REGIÃO NATURAL	REGIÃO DAS FLORESTAS LATIFOLIADAS
GEOSSISTEMA	TABULEIROS COSTEIROS DO NORDESTE BRASILEIRO
GEOFÁCIES	CURSO INFERIOR DA BACIA DO CAPIBARIBE
GEÓTOPO	MANGUES DO RIO TEJIPIÓ

Uma interessante dissertação de mestrado foi defendida por Manosso (2005), na qual é abordada a compartimentação das unidades de paisagem do município de Apucarana, situado na porção setentrional do Estado do Paraná. Nesse trabalho, o autor identificou sete unidades de paisagem, em que o principal fator empregado para a delimitação espacial delas foi a compartimentação do relevo. A proposta de Manosso (2005) é um bom exemplo de compartimentação simples e objetiva de unidades de paisagens (Figura 3). O autor identificou as sete unidades de paisagens, assim denominando-as: C1- Interflúvio Principal; C2- Cabeceiras do rio Pirapó; C3- Platôs Embutidos; C4- Colinas do Rio Bom; C5- Vales do Setor Sul; C6- Vales do Setor Leste; C7- Colinas do Rio do Sete.

Figura 3. Unidades de Paisagem do Município de Apucarana (PR)



Fonte: Manosso (2005)

A observação da Figura 5 permite concluir que o autor identificou as unidades de paisagem a partir da utilização de dois importantes fatores, ou seja, o relevo terrestre e os aspectos hidrográficos. Uma bacia hidrográfica é fundamental para a definição espacial de uma unidade de paisagem.

É preciso salientar, ainda, que a identificação de unidades de paisagem e a conseqüente cartografia delas podem ser realizadas a partir da utilização de fotografias aéreas, mapas topográficos, imagens de satélite, imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) etc, e de dados térmicos e pluviométricos da área investigada.

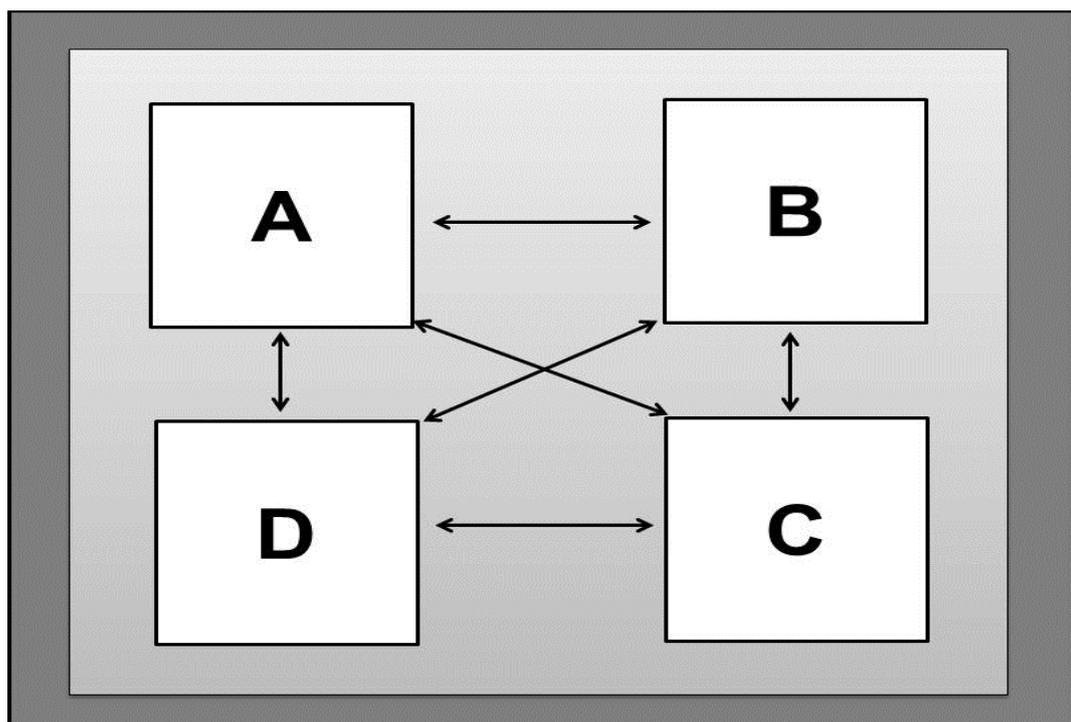
A análise das unidades de paisagem pressupõe uma cartografia geomorfológica pormenorizada, com a identificação de processos geológicos e geomorfológicos atuais e pretéritos, a caracterização de compartimentos e feições de relevo, depósitos correlativos, além de uma interpretação climatológica e fitogeográfica da área.

1.3 Geossistema

Na análise geocológica das paisagens, o Geossistema recebe uma especial atenção, haja vista que ele possui uma estrutura complexa de abrangência espacial mais ampla do que o ecossistema (Souza, 1985). O ecossistema é uma unidade biológica funcional, ou seja, consiste nas relações entre a biocenose e biótopo (ambiente físico). É a unidade básica da Ecologia. Os estudos dos geossistemas de paisagens geográficas foram pioneiramente realizados na antiga União Soviética, especialmente com os trabalhos de Sochava (1971; 1977).

O Geossistema é um conjunto de elementos da paisagem que se encontram dialeticamente inter-relacionados e que constituem uma unidade em integração plena. Na Figura 4 observam-se, esquematicamente representadas, as relações dialéticas entre elementos naturais de um geossistema correspondente a uma paisagem qualquer.

Figura 4. Representação esquemática das conexões dialéticas entre os diversos componentes naturais de um geossistema A, B, C, D - elementos naturais da paisagem. As setas indicam as inter-relações. O elemento A relaciona-se com B, que estabelece conexão com C e D, que se conecta com A. C interage com A e este com C, e assim sucessivamente.



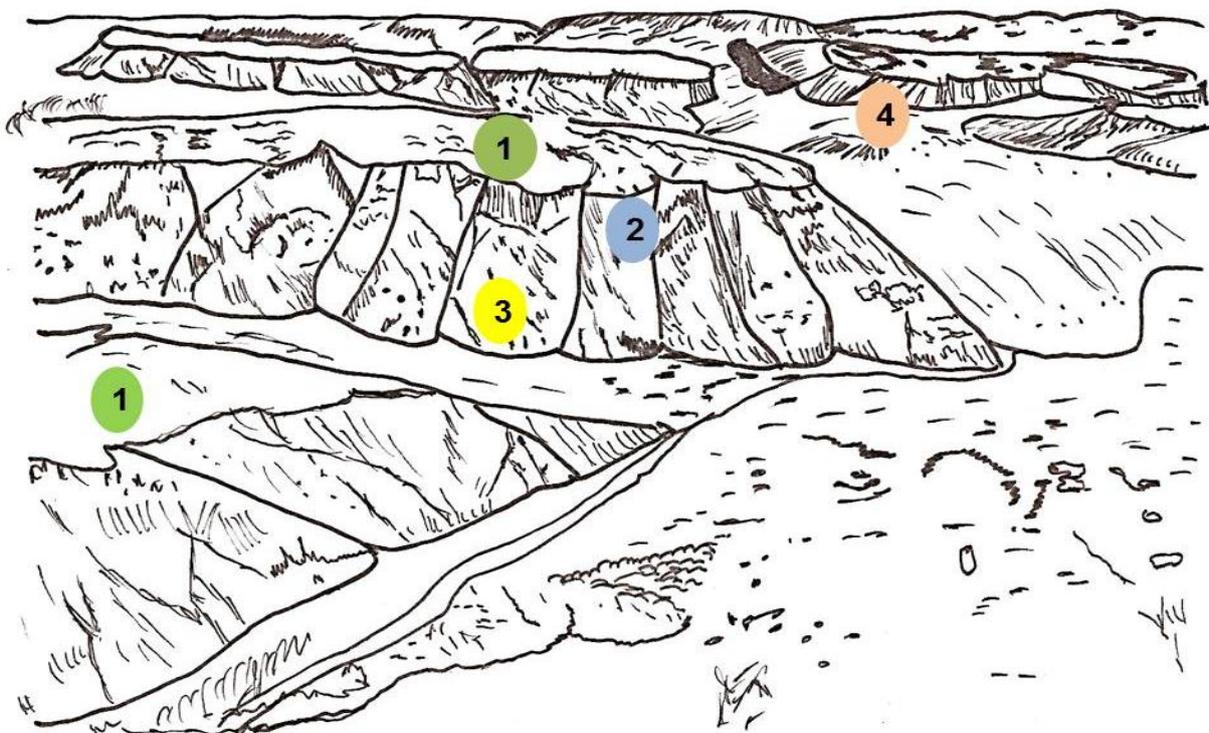
Na Figura 5 podem ser vistas essas relações dialéticas entre componentes de um geossistema. As relações referidas podem ser assim sintetizadas: O elemento 1 da paisagem, que é um retalho de uma superfície de erosão no cristalino pernambucano, localmente denominado de “Chã”, foi influenciado pelas condições paleoclimáticas do Quaternário. Por ser uma superfície plana, a infiltração das águas é maior, fato este que contribuiu consideravelmente para a formação de solos do tipo latossolos. Com alterações nas condições climáticas pós a elaboração das “chãs”, com estabelecimento de climas subúmidos a úmidos, o elemento 1 foi dissecado pelas correntes fluviais que atravessam a área. Originaram-se o elemento 2 (vertente) e o elemento 3 (vale fluvial). Este elemento da paisagem funciona como um nível de base para a erosão que se processa em 1 e 2. Encravada no interior da “chã”, uma corrente fluvial foi represada (4), por ações antrópicas, dando origem a uma barragem. Essa barragem recebe águas oriundas das chuvas (relação dialética entre a atmosfera e os recursos hídricos) e sedimentos que são arrancados do topo das “chãs” dissecadas e das vertentes adjacentes.

O Geossistema é um sistema complexo porque nele intervém uma multiplicidade de variáveis e por possuir um comportamento de autorregulação dinâmico e não se ajustar exclusivamente a processos lineares.

Cruz (1985) defende que o Geossistema tem como base o sistema natural estudado em disciplinas da Geografia Física e não se confunde com o sistema econômico. O Geossistema é um sistema dinâmico, aberto, flexível e hierarquicamente organizado (SOCHAVA, 1977).

Os estudos de Geografia Física, mais uma vez enfatiza Sochava, visam os elementos que compõem a natureza, não só por si mesmos, mas também por suas conexões; é a partir dessa integração que os geossistemas são formados. (...) A unidade espacial mínima para o geossistema é o espaço terrestre, no qual a rotação de substâncias ocorre. A unidade elementar é considerada como parte hierárquica de outra rotação de maior raio de atividade, num volume crescente de metabolismo (CRUZ, 1985, p. 57).

Figura 5. Retalhos da superfície de erosão no geossistema. Cristalino Setentrional, a oeste da cidade de Timbaúba (PE). Ilustração: Lucivânio Jatobá (2017)



Os geossistemas naturais são, segundo definição apresentada por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2009), aqueles que representam a parte da superfície terrestre na qual os componentes individuais da natureza encontram-se em estreita relação uns com os outros, e

que como um todo interatua com as partes vizinhas da esfera cósmica e com a sociedade humana.

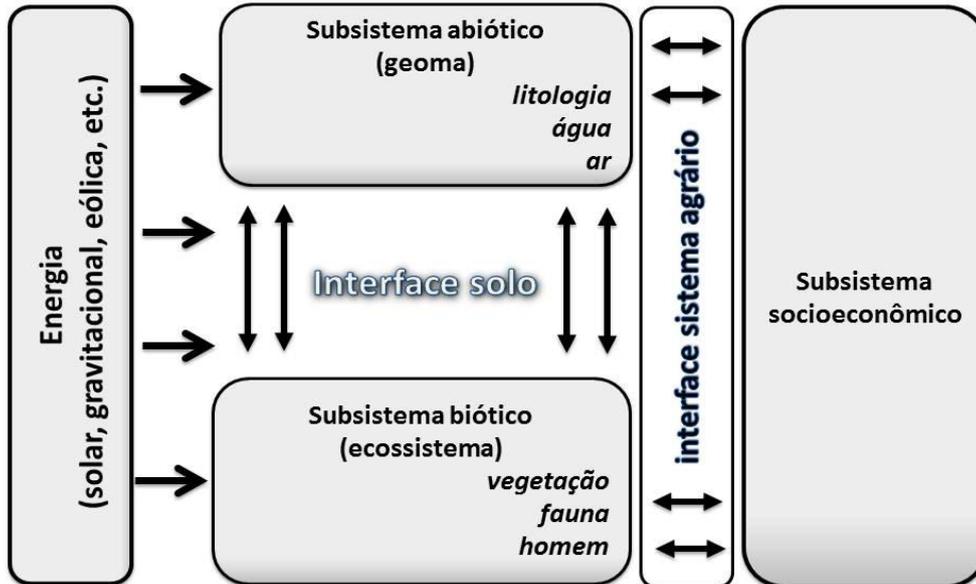
O funcionamento de um geossistema natural consiste da entrada de energia e matéria sobre os componentes das paisagens (litomassa, relevo, solos etc) e da saída dos produtos, que são originados pelo próprio sistema, como, por exemplo, a biomassa, o húmus, etc. e da evacuação dos produtos resultantes do metabolismo do sistema, a exemplo dos resíduos e do escoamento das águas. Esse funcionamento, pelo que se pode deduzir, representa uma totalidade dialética.

A geógrafa espanhola Maria de Bolós estabeleceu um modelo geral de Geossistema, apresentado na Figura 6.

Uma das principais características de um Geossistema é a complexidade, ou seja, a união entre unidade e multiplicidade, que é uma propriedade inerente à existência, estruturação e funcionamento do Geossistema. Essa complexidade se configura quando diferentes elementos da paisagem formam o todo e definem uma unidade, na qual interagem as partes com o todo, o todo com as partes e estas entre si. A complexidade referida propicia, no entanto, a definição de mecanismos naturais que garantem, por outro lado, mecanismos homeostáticos no Geossistema, uma espécie de autorregulação. O Geossistema, portanto, é um sistema que possui uma totalidade complexa.

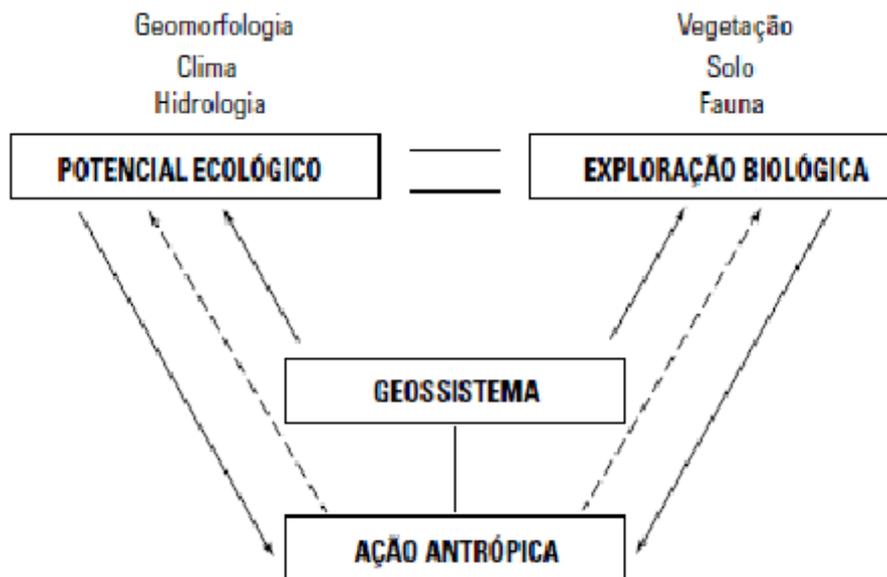
A análise geoecológica de paisagem, quando se volta para a questão do Geossistema, enfatiza, também, o enfoque histórico, por exemplo, o processo histórico do povoamento. Contudo, são necessários, de início, estudos da História Natural da paisagem, que precede em muitos milhares ou milhões de anos o aparecimento das sociedades humanas, e investigações sobre os problemas resultantes das modificações e transformações decorrentes das ações antrópicas nas paisagens, por ocasião da produção do espaço geográfico.

Figura 6. Modelo de Geossistema. (Modificado de Bolós, 1992)



O modo de conceber o Geossistema foi sendo modificado ao longo do Século XX. Bertrand (1971) ampliou a concepção de Geossistema, anteriormente apresentada por Sochava (1971), e incluiu as ações antrópicas na paisagem como algo que merece uma análise mais vertical nos estudos geossistêmicos. A síntese dessa concepção de Bertrand encontra-se esboçada na Figura 7.

Figura 7. Esquema clássico representativo do estudo do Geossistema, segundo Bertrand



Fonte: Bertrand, 1971

Bertrand (1971) fez uma interessante proposta de hierarquização de paisagem, classificando-as em unidades superiores (zona, domínio e região) e inferiores (geossistemas, geofácies e geótopos), sem apresentar, contudo, uma delimitação rígida da dimensão de cada uma dessas unidades espaciais. Pode-se dizer que o Geossistema é a maior unidade, possuindo dezenas de quilômetros quadrados ou mais, o Geofácies é uma porção do Geossistema, com poucos quilômetros quadrados e o Geótopo é uma parte bem reduzida, da ordem de metros quadros, inserido no Geofácies (Figura 8).

Figura 8. Hierarquização de paisagens no Geossistema da Depressão Sertaneja. Foto: Alineaurea Florentino Silva



1.3.1. Processos de degradação em Geossistemas de ambientes tropicais

Um conjunto de processos de degradação ambiental pode atingir as paisagens contidas nos geossistemas localizados no mundo tropical, particularmente no Brasil. Conforme lembram Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), os processos geológicos degradantes são uma decorrência do reforço dos processos naturais ou constituem um efeito da ação antrópica. Esses processos constituem-se, portanto, processos ambientais.

Os ambientes tropicais, ou seja, aqueles que se situam, grosso modo, na faixa das baixas latitudes, caracterizam-se por apresentar uma expressiva variedade de climas regionais, quadros geológicos, compartimentos geomorfológicos e fitogeográficos, além de uma degradação ambiental considerável.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) consideram três níveis distintos de degradação de geossistemas, a saber: a) Sem Degradação; b) Pouco Degradada; c) Degradada e Muito Degradada. Serão descritas, a seguir, as inter-relações entre os processos de degradação de Geossistemas.

a) Áreas Sem Degradação

São as áreas de máximo desenvolvimento da cobertura vegetal florestal, verificadas em áreas de climas equatoriais (Af e Am) e tropicais úmidas (As). Essa vegetação densa e exuberante representa um importante obstáculo a ação dos processos de erosão das vertentes. A erosão linear que opera no fundo vale supera consideravelmente a erosão lateral, ou seja, é mínima a morfogênese das vertentes.

Os processos pedogenéticos agem ativamente, gerando manto de intemperismo e solos profundos, exceto em paleopaisagem de épocas que possuíram paleoclimas secos e que hoje estão representadas por pontões cristalinos.

O Geossistema, nesse caso, pode ser designado como “Geossistema Natural”, no qual as paisagens se encontram em fase de estabilidade. Pode entrar em desequilíbrio caso se consumem mudanças climáticas significativas ou ocorram as ações antrópicas de desflorestamento.

b) Áreas pouco degradadas

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) consideram que as paisagens correspondentes a esse nível de degradação encontram-se no primeiro estágio de alteração das relações homeostáticas e ainda apresentam um potencial natural quase intacto.

Têm início com o processo de retirada da cobertura vegetal em áreas florestais ou de caatingas, no caso do Nordeste brasileiro. Como consequência de curto prazo se verificam maior escoamento das águas de superfície e menor infiltração das águas.

Os solos passam a sofrer uma degradação físico-biológica. O sistema agrícola está adaptado ao meio, sem maiores agressões ambientais.

c) Áreas degradadas

As atividades agrícolas são intensas, com cultivos realizados de maneira pouco racional, incontrolados e o surgimento de pragas. Acentuam-se a erosão hídrica, representada pelas modalidades erosão em lençol e erosão em sulcos, sobretudo, e eólica em ambientes com déficit hídrico. Verifica-se perda de nutrientes dos solos com sérias consequências ao bioma local. A paisagem torna-se instável, do ponto de vista do equilíbrio ambiental.

PARA SABER MAIS:

As ações antrópicas realizadas de forma não muito racionais no sertão nordestino, sobretudo com a retirada da cobertura vegetal original geram áreas degradadas que poderão evoluir para uma paisagem com características de áreas de desertificação. Área do sertão paraibano em processo de degradação. Foto: Prof. João damasceno, UEPB (2007).



d) Áreas muito degradadas

Nesse estágio, as paisagens encontram-se no que se pode designar como “estágio crítico”, com perda da estrutura funcional. Verifica-se praticamente que os mecanismos de estabilidade natural foram eliminados.

O desequilíbrio hidrológico instala-se na paisagem. As enchentes são intensificadas em áreas de planície aluvial. Aceleram-se os processos de assoreamento dos corpos líquidos. Pode-se consumir a desertificação, mesmo em ambientes úmidos.

A erosão passa a ser acelerada, sendo representada por movimentos de massa de grande intensidade nas áreas com vertentes possuidoras de maior gradiente altimétrico. Ravinas e voçorocas generalizam-se na paisagem. Como consequência, o sistema agrícola desintegra-se e a produtividade dele baixa consideravelmente.

Pode-se afirmar que nesse nível se verificam a destruição intensa da cobertura vegetal, a rarefação da fauna, a degradação dos recursos hídricos e sobretudo a do solo. Esse conjunto de características poderá servir para a identificação da intensidade da desertificação de paisagens tropicais, especialmente no Nordeste brasileiro.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DAS PAISAGENS

Lucivânio Jatobá



2.1 O que é Geomorfologia?

Observa-se na porção mais superficial da Litosfera um conjunto enorme de feições e compartimentos de relevo terrestre que são objeto de estudo de uma geociência que se situa na interface entre a Geologia e a Geografia Física. Essa ciência é a Geomorfologia. A análise geomorfológica das paisagens assume um papel relevante à sociedade, haja vista que, por exemplo, não se poderá realizar um planejamento ambiental eficiente sem os conhecimentos fundamentais das características gerais e dos principais aspectos da gênese e da evolução do relevo.

A Geomorfologia subordina-se à Geologia Estrutural, já que a estrutura geológica, em seus diversos aspectos, comanda a localização e a disposição das camadas rochosas nas quais é esculpido o relevo que serve como substrato para as paisagens naturais. Há ainda uma relação bastante sólida entre a Climatologia (sobretudo a Paleoclimatologia) e a Pedologia com a Geomorfologia.

Os estudos das condições climáticas pretéritas, em especial do período Quaternário, são indispensáveis para que se consiga entender a dinâmica atual e sub-atual do relevo terrestre. Os solos e as formações superficiais, em geral, fornecem, também, importantes informações sobre as condições paleoclimáticas responsáveis pela esculturação das paisagens, reconstituindo, assim, uma paleoambiente.

A formação do relevo terrestre se verificou a partir das correlações pretéritas entre deformações tectônicas de terrenos preexistentes, litomassa (corpos rochosos) e processos erosivos, profundamente subordinados às condições paleoclimáticas e dos climas atuais. Os climas sempre deixam as suas marcas nas paisagens continentais, nas feições de relevo ou nos depósitos sedimentares continentais.

A análise dos fatos e fenômenos geomorfológicos é realizada, em geral, a partir de pelo menos dois enfoques distintos, mas interligados, ou seja, as abordagens estrutural e morfoclimática ou dos processos geomorfológicos externos.

O relevo terrestre é um saldo de uma luta de contrários estabelecida entre fenômenos endógenos e exógenos do planeta Terra, entre fenômenos estruturais e morfoclimáticos.

Essa é portanto uma questão eminentemente dialética e que pode ser compreendida, em sua plenitude, a partir da aplicação da Lei da Contradição ou da Luta de Contrários, segundo o Método Dialético.

Os fatores endógenos, como um dos componentes do complexo processo de desenvolvimento da matéria planetária, intervêm direta ou indiretamente na formação do relevo terrestre (Kostenko, 1991). A tendência desses fatores endógenos é desnivelar a superfície terrestre, soerguendo ou rebaixando superfícies, originando horst, grabens, domos, edifícios vulcânicos, vales estruturais etc. Contrariamente, os agentes e processos morfoclimáticos buscam nivelar as irregularidades topográficas, até um determinado plano, denominado nível de base.

Os fatores exógenos agem nas superfícies continentais das placas litosféricas e, de forma parcial, nas bacias oceânicas, e compreendem o intemperismo, a erosão, o transporte e a deposição. A erosão funciona como a causa da deposição e esta efeito daquela. A erosão e

É BOM LEMBRAR QUE...

Aziz Nacib Ab'Sáber (1975), considerado um dos mais insígnies geógrafos físicos da América do Sul, ao analisar a esculturação da superfície terrestre, considerou que:

1- os fatores responsáveis pela elaboração das formas de relevo são sempre combinações regionais de processos, dependentes das condições climáticas (e hidroclimáticas) de cada área; 2- o relevo atual é sempre uma herança de prolongados processos combinados de erosão que variaram muitas vezes no decorrer do tempo (AB'SÁBER, 1975, p. 13)

a deposição são fenômeno e essência do relevo esculpido e visualizado nas paisagens naturais, e conduzem à nivelção das irregularidades verificadas na superfície terrestre.

Mesmo existindo a luta de contrários, há uma unidade nessa contradição entre os fatores endógenos e exógenos do relevo terrestre, e uma expressiva conexão dialética entre ambos. Os levantamentos tectônicos gerais, por exemplo, representam um fator endógeno fornecedor de energia potencial que se transforma em energia cinética aos processos desnudacionais. Uma escarpa de falha jovem, na escala cronológica da Geologia, tende a acelerar os processos erosivos na vertente e uma deposição sedimentar mais intensa nas áreas rebaixadas.

A análise geomorfológica demanda um conhecimento multidisciplinar, em face do próprio caráter do objeto de estudo da Geomorfologia. Assim, é impossível a realização de um estudo dessa natureza sem o conhecimento básico de outras geociências, tais como: Geologia, Climatologia, Paleoclimatologia, Pedologia, Sedimentologia, Hidrogeografia, Fitogeografia e Petrografia (Figura 9 e Tabela 2).

Figura 9. A Geomorfologia e a interdisciplinaridade

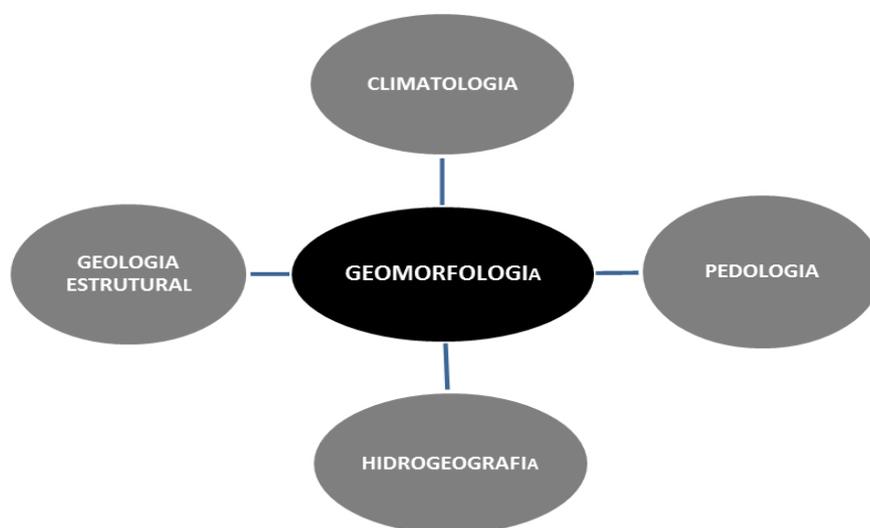


Tabela 2. As ciências auxiliares da Geomorfologia

GEOCIÊNCIA	O QUE ESTUDA	AUXÍLIOS À GEOMORFOLOGIA
Geologia	Passado da Terra	Interpretação de falhas, dobras, flexuras, datação de fatos geológicos, epirogênese, orogênese, dinâmica das placas litosféricas
Climatologia	Dinâmica climática atual (climas zonais, regionais e locais)	Análise dos principais elementos do clima, especialmente temperatura, umidade e precipitação
Paleoclimatologia	Dinâmica climática do passado	Interpretação de paleoambientes, paleoformas e depósitos correlativos
Pedologia	Caracterização e gênese das formações superficiais	Identificação de processos pedogenéticos em função da litomassa, clima e relevo
Sedimentologia	Dinâmica da formação dos sedimentos. Estruturação e características texturais dos sedimentos	Análise e interpretação de paleoambientes
Hidrogeografia	Distribuição das águas na superfície terrestre	Estruturação das bacias hidrográficas; relações entre rede de drenagem e estrutura geológica
Fitogeografia	Análise das formações vegetais primitivas	Interpretação de mudanças climáticas; estudos de biostasia e resistasia naturais

2.2 Análises Morfoestrutural e Morfoclimática das paisagens

Três ordens de fatores influenciam marcadamente a gênese e a evolução do relevo terrestre. São os fatores geotectônicos, litológicos e morfoclimáticos. Esses fatores estão inter-relacionados e se materializam nas porções emersas da crosta terrestre, podendo predominar uns sobre os outros, em decorrência das particularidades regionais.

Em face da ação dos fatores mencionados, existem duas modalidades de análise empregadas na interpretação geomorfológica das paisagens, que são a Análise Morfoestrutural e a Análise Morfoclimática, que pertencem, respectivamente, à metodologia de pesquisa de duas áreas da ciência do relevo: a Geomorfologia Estrutural e a Geomorfologia Climática ou Morfoclimatologia.

As paisagens podem sofrer um controle estrutural, do ponto de vista geológico. Eis a essência da Análise Morfoestrutural. Isso significa que pode ocorrer uma influência direta da estrutura geológica no desenvolvimento e na aparência das diversas paisagens continentais e insulares. Grandes ou pequenas marcas da estrutura geológica, que afetam apenas um setor da paisagem considerada são encontradas em superfície.

Os processos geomorfológicos deixam diferentes marcas nas formas de relevo e cada processo geomorfológico desenvolve seu conjunto característico de formas de relevo (THORNBURY: 1960, p. 20).

2.2.1. Análise Morfoestrutural de paisagens

A estrutura geológica é um tema que não pode ser desprezado na análise da gênese e da evolução das paisagens geomorfológicas. Ela engloba diversos aspectos relacionados à crosta terrestre, alguns dos quais apresentam uma extrema complexidade. Boa parte dos aspectos estruturais da crosta terrestre é estudada por diversas geociências, como por exemplo a Geotectônica, a Geologia Estrutural, a Petrografia e a Geomorfologia Estrutural.

A Geomorfologia Estrutural foi, durante muitas décadas do século XX, a parte da Geomorfologia que recebeu a maior atenção dos pesquisadores. Esse importante ramo da Geomorfologia analisa a participação da estrutura geológica na definição de alguns compartimentos de relevo sob dois aspectos básicos. Em primeiro lugar, ela examina os elementos fundamentais do arcabouço estrutural, como por exemplo a constituição do globo terrestre, a estrutura e a dinâmica da crosta terrestre, as rochas e os grandes conjuntos estruturais, constituindo, assim, uma abordagem eminentemente geológica. Em segundo lugar, volta-se para aspectos mais exclusivamente geomorfológicos, tais como as diferenças litológicas numa paisagem e seus efeitos morfológicos ou o modelado do relevo em litomassas específicas (calcário, por exemplo), ou ainda as morfoestruturas em áreas de colisão de placas litosféricas etc.

É BOM LEMBRAR QUE...

A teoria da tectônica de placas, em seus grandes traços, é um dos mais notáveis paradigmas geológicos do século XX. Esse modelo vem sendo empregado, com muita frequência, na análise físico-geográfica da superfície terrestre, particularmente no estudo da gênese e evolução de inúmeras morfo-estruturas, encontradas nos continentes e nas bacias oceânicas (Jatobá e Lins, 2008).

Os fatores estruturais do relevo podem ser, de forma bastante sintética, agrupados em duas grandes categorias: fatores tectônicos e fatores litológicos. Os fatores tectônicos correspondem às forças tectônicas, de caráter endógeno, que edificam o relevo mediante deformação da litomassa. Os fatores litológicos associam-se às diversas características físicas

e químicas apresentadas pelos inúmeros corpos rochosos (rochas ígneas, sedimentares e metamórficas).

Pierre Birot (1958) considerava que a explicação do relevo terrestre reduzia-se a dois princípios básicos: a) "toda região deprimida é composta de rochas tenras ou rebaixadas por esforços tectônicos, b) toda região elevada se compõe de rochas mais resistentes ou foram levantadas por processos tectônicos".

A estrutura geológica compreende, portanto, entre outros, os seguintes aspectos: diferenças de dureza das rochas; disposição das camadas rochosas; movimentos crustais; falhas; fraturas; dobras; litomassas específicas, a exemplo dos milonitos (Figuras 10 e 11).

Figura 10. Escarpa de falha erodida em terrenos graníticos. Local: Caruaru-PE



Foto: Alineaurea Florentino Silva, 2016

Figura 11. Afloramento de milonitos na Serra das Russas, Pombos-PE.



Foto: Alineaurea Florentino Silva, 2016.

As diferenças de dureza das rochas desempenham papel fundamental no processo geomorfológico destacado, que é a erosão diferencial. A erosão diferencial é um processo erosivo eminentemente seletivo. Ela faz-se mais enérgica em rochas frágeis e mais "suave" em rochas mais resistentes. Essa modalidade de erosão seletiva tem como principal mérito ressaltar as diferenças de dureza do material rochoso.

A erosão diferencial depende dos seguintes fatores: a) a consistência da rocha mais ou menos compacta e de sua textura. Por exemplo, os calcários e as argilas são mais facilmente desagregáveis pelos filetes d'água do que os granitos; b) do estado de fraturamento da rocha; o sistema de diaclasamento facilita uma concentração da rede de drenagem e da infiltração das águas; c) o grau de permeabilidade da rocha. De acordo com Suguio (1998), essa modalidade de processo erosivo consiste na remoção seletiva de materiais rochosos e pode favorecer o afeiçoamento irregular com muitas reentrâncias e saliências, sobretudo nas zonas costeiras.

As camadas rochosas, especialmente as sedimentares, dispõem-se nas paisagens geomorfológicas horizontalmente ou de forma subhorizontal a inclinada (Figura 12). Na periferia de uma sinéclise, que não foi dobrada, as camadas são mais inclinadas do que no centro. Neste, as camadas são mais horizontais. Esse fato de natureza estrutural, contribui para a existência de cuestas, na periferia da bacia sedimentar e de chapadas e chapadões no centro. Há notáveis exemplos dessa influência estrutural na bacia sedimentar do Meio Norte, no Brasil.

Figura 12. Compartimento de relevo desenvolvido em rochas horizontalmente dispostas. A seta está indicando o relevo tabular. Chapada do Araripe, em Pernambuco



Fonte: Modificado de: <http://chc.org.br/wp-content/uploads/2013/10/araripe-1.jpg>

As áreas intensamente fraturadas, quando situadas nas imediações de corpos rochosos não fraturados, respondem, em geral, como áreas deprimidas (Figura 13). O intenso fraturamento colabora para que haja uma maior infiltração das águas e, conseqüentemente, uma maior intemperização química dos materiais rochosos. Esses materiais, assim alterados, tornam-se presa fácil para os processos erosivos subseqüentes.

Os quartzitos, rochas decorrentes da metamorfização do arenito, são, na maioria dos casos, mais resistentes ao intemperismo e à erosão do que diversas outras rochas. No caso de quartzitos mais homogêneos e fortemente cimentados pela cristalização da sílica, o relevo

resultante é quase sempre representado por cristas elevadas e alongadas, segundo a orientação tectônica. Se esses quartzitos são friáveis, podem ocupar posição de vales ou regiões rebaixadas. E, no caso de se acharem dispostos de maneira horizontal, podem dar relevos tabulares. Os dois casos podem ser visualizados na Região Nordeste do Brasil.

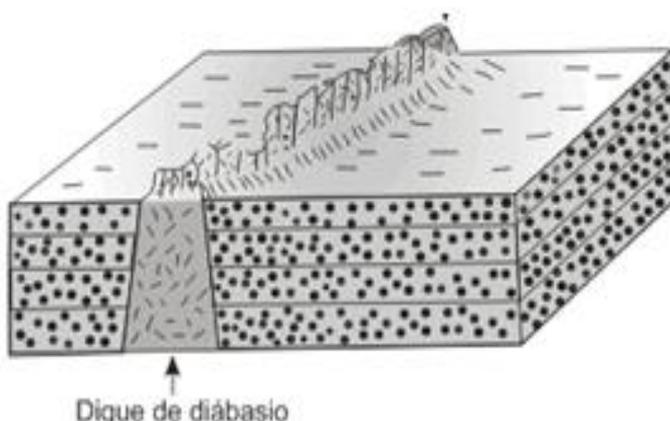
Figura 13. Corte de estrada exibindo uma estrutura subsuperficial da paisagem intensamente fraturada



Fonte: Disponível em: <www.gvc.gu.se/.../Research/Geomorphology>

Os diques de diabásio (Figura 14) e de andesito, dependendo da qualidade das rochas encaixantes, possuem comportamentos geomorfológicos distintos. Se as rochas encaixantes são mais resistentes, os diques condicionam a formação de vales, em decorrência da remoção efetiva das rochas ígneas básicas. Se, por outro lado, as rochas encaixantes são menos resistentes e passíveis de desgaste rápido, os diques constituem elevações que se dispõem de forma grosseiramente paralela.

Figura 14. Crista desenvolvida em dique de *diabásio*



VOCÊ SABIA QUE...

O diabásio é uma rocha magmática hipoabissal que se encaixa em rochas preexistentes e são relativamente pobres em sílica, mas rica em plagioclásio cálcico?

O diabásio em geral, ocorre em corpos rochosos que se consolidaram ao longo de percurso do material magmático, as vezes em grandes fraturas.

Fonte: <http://www.funape.org.br>

A superimposição de um rio sobre um núcleo de determinadas rochas (Figura 15), sem seguir alinhamentos tectônicos, é um indicador de movimento epirogenético (soerguimento de massa continental).

Figura 15. Garganta de superimposição da drenagem. Boqueirão de Palheiras-RN



A Geomorfologia Estrutural é a parte da Geomorfologia que busca compreender as influências da estrutura geológica sobre a morfogênese do relevo terrestre. É um ramo de conhecimento que mantém sólidos vínculos com a Geologia Estrutural. A Geologia Estrutural se encarregar de examinar as deformações das rochas encontradas na crosta terrestre e as suas relações com a evolução da cinemática das placas litosféricas.

Um dos mais significativos paradigmas da Geologia Estrutural que auxilia consideravelmente a Análise Morfoestrutural das paisagens é a Teoria da Tectônica de Placas, que trata dos movimentos de larga envergadura observados em grandes blocos mais ou menos rígidos, denominados de placas litosféricas. Esses movimentos são responsáveis pela existência de estruturas vulcânicas, arcos de ilhas, por exemplo, as Aleutas, falhas e fraturas geológicas (Figura 16), cadeias de montanhas, escarpas tectônicas, flexuras etc.

Figura 16. Representação esquemática de paisagens em ambiente tectonicamente falhado



Na Figura 17 observam-se notáveis interferências da estrutura geológica, na localidade conhecida como “Cueva de Arpea”, em Navarro, Espanha. Trata-se de uma paisagem que

sofreu, no passado, um tectonismo plástico, ou seja, a compressão dos terrenos que provocou um sistema de dobramentos. A elevação visualizada corresponde a uma anticlinal.

Existem dois tipos de controle estrutural das paisagens decorrentes de estruturas geológicas ativas e de estruturas geológicas antigas. Grandes ou pequenas marcas da estrutura geológica, que afetam apenas um setor da paisagem considerada (Figura 19), são encontradas em superfície.

Figura 17. Grandes marcas da estrutura geológica na paisagem.



2.2.1.1 Estruturas geológicas ativas e o relevo terrestre

As estruturas ativas são denominadas de manifestações neotectônicas, sendo estudadas pela Neotectônica, um ramo das ciências geológicas. A Neotectônica volta-se fundamentalmente para a ação e os efeitos dos processos tectônicos ditos modernos, ou seja, aqueles que teriam acontecido no espaço de tempo geológico compreendido entre o Terciário Superior e o Quaternário. Em outras palavras, os fenômenos neotectônicos seriam aqueles ocorridos de 2.600.000 de anos até o Presente, aproximadamente.

Os estudos sobre o neotectonismo são de fundamental importância para a investigação das paisagens em áreas tectonicamente instável, ou seja, nos espaços em que as placas litosféricas estão em embate, como, por exemplo, nas cordilheiras (Andes, Montanhas Rochosas, Himalaia etc) ou em áreas onde as placas deslocam-se horizontalmente, como é o caso da região da Califórnia, na América do Norte. Diversas paisagens situadas nesses ambientes de neotectonismo apresentam sérios problemas ambientais, relacionados aos riscos geológicos. O Brasil, por estar situado no interior de uma placa litosférica relativamente instável, ao contrário dos países andinos, apresenta inexpressivas manifestações neotectônicas.

O neotectonismo, no entanto, vem sendo estudado consideravelmente pelos geocientistas. Várias teses e dissertações de mestrado em Geociências já foram defendidas, tratando exatamente dessa temática. Neto (2007) realizou um amplo estudo sobre manifestações neotectônicas no Baixo Vale do rio Jaguaribe, no Estado do Ceará e ressaltou a importância desses estudos para a questão ambiental.

É BOM LEMBRAR QUE...

O entendimento da neotectônica resulta ser de grande valor prático, tendo em vista o crescimento contínuo da população brasileira relacionado à sua consequente demanda de recursos naturais, prevenção de eventuais catástrofes e o cuidado com o meio ambiente. É necessário considerar os movimentos contemporâneos como fator de risco ao elaborar o planejamento e dimensionamento de obras de engenharia como: portos, fundações, barragens, rodovias, viadutos, túneis, minas usinas nucleares, depósitos subterrâneos, sistemas de irrigação, gasodutos e oleodutos (NETO, 2007, p.17).

Já na década de 1950, Freitas (1950) levantava a hipótese da ocorrência de manifestações tectônicas no território brasileiro, para ceticismo de muitos pesquisadores. Freitas (1950) apontou, entre outros, os seguintes indícios desse fato: drenagem dirigida para o interior da Bacia do Paraná; altitudes crescentes das serras do Mar e da Mantiqueira; arqueamento e ruptura da Serra do Mar e da Mantiqueira; inclinação do peneplano (sic) nordestino de W.NW a E. SE; a assimetria do “planalto da Borborema”.

Além desses fatos, o autor referido alertou para o escarpamento de falha do Planalto da Borborema, que é voltado para o lado oriental, bem marcado em Pernambuco, descambando gradualmente para o interior, exatamente como o planalto Atlântico, limitado pela escarpa da Serra do Mar.

Hasui (1990) considera que houve, no território brasileiro, manifestações de um tectonismo ativo a partir do Mioceno Médio (Terciário) e que manifestações desses eventos endógenos são visualizadas no país, inclusive na região costeira.

Na década de 1990, Saadi (1993) apresentou um importante esboço de Geomorfologia Estrutural com algumas interpretações preliminares da neotectônica da Plataforma Brasileira. Nesse didático e bem estruturado trabalho de síntese, Saadi (1993) ressalta que um dos fatos marcantes da Neotectônica no Nordeste brasileiro está representado por um domeamento crustal de escala regional, composto por vários eixos menores de direção NE-SW. Outras evidências do neotectonismo, apontadas pelo prof. Saadi, no Nordeste brasileiro, são deslocamentos e dobramentos que teriam afetado sedimentos miocênicos e pleistocênicos no Ceará, mais especificamente a formação Camocim e alguns terraços fluviais.

Bezerra (1999) identificou diversas falhas que teriam sido geradas ou reativadas, ao longo do Cenozóico, na bacia sedimentar Potiguar, no Estado do Rio Grande do Norte. São falhamentos transcorrentes e, em geral, segmentados.

Nas áreas tectonicamente ativas, as paisagens podem exibir diversos indícios de movimentos neotectônicos. Eis alguns deles:

- ✓ *falhamentos em depósitos sedimentares plio-pleistocênicos.*
- ✓ *dobramentos que afetam camadas sedimentares terciárias e/ou quaternárias.*
- ✓ *terraços marinhos e fluviais deformados.*
- ✓ *superfícies de erosão desniveladas ou assimetricamente dispostas.*
- ✓ *ocorrência de cachoeiras (excluindo-se as interferências litológicas).*
- ✓ *lagos tectônicos na base de uma elevação.*
- ✓ *abalos sísmicos freqüentes nas proximidades de uma escarpa de falhas.*
- ✓ *meandros encaixados.*

2.2.1.2 Estruturas geológicas antigas e o relevo terrestre

As estruturas geológicas antigas, presentes em terrenos cratônicos e em terrenos fanerozóicos (bacias sedimentares; sinéclises etc), deixaram, nas paisagens, marcas inconfundíveis de deformações rochosas e de diferenças litológicas de épocas geologicamente remotas. O passado geológico foi conturbado ao longo da História do planeta, o que justifica a existência de falhas, fraturas, dobras, flexuras, intrusões de rochas magmáticas, arqueamentos etc.

As paisagens que se localizam em compartimentos e feições de relevo situados nas margens continentais passivas de uma placa litosférica são uma herança dos intrincados processos relacionados à geodinâmica interna e aos fenômenos desnudacionais ou erosivos de larga escala.

A placa litosférica Sulamericana, onde se localiza o território brasileiro, apresenta duas margens essencialmente distintas: uma margem destrutiva e outra construtiva (passiva), do tipo Atlântica.

A margem do tipo Atlântica formou-se a partir da ruptura do cráton, da antiga placa Gondwana, e da acreção de crosta oceânica. O Brasil, a plataforma estrutural africana, Madagascar, a Austrália, o Decão e a Antártida são grandes porções dessa megaplaca litosférica. Essa margem continental, por seu turno, pode ser entendida como uma margem passiva, pois nela se verifica uma ausência de vulcanismo ativo, de atividades sísmicas intensas e de fenômenos de caráter orogênico moderno.

Numa margem de uma placa litosférica do tipo Atlântica ou Passiva, podem ser identificadas as seguintes paisagens geomorfológicas: a) relevos tabuliformes, b) relevos apalachianos, c) superfícies de erosão, d) escarpamentos de falhas e) restos de dobramentos antigos e d) falésias vivas e falésias mortas.

2.2.1.2.1 Paisagens geomorfológicas tabuliformes

Os relevos tabuliformes são morfoestruturas simples, ou seja, tipos de relevo controlados pela estrutura, que surgem nas bacias sedimentares fanerozóicas¹, especialmente nas sinéclises. Essas bacias, antigas depressões do terreno, teriam sido preenchidas por sedimentos de origem marinha, lacustre, fluvial, eólica etc. durante uma escala geológica de longo tempo. Tais relevos desenvolvem-se em estruturas sedimentares concordantes horizontais e/ ou inclinadas, se perturbações tectônicas intensas do tipo dobramento não tenham ocorrido após a deposição sedimentar. Nesse grupo de morfoestruturas, estão presentes as cuestras, as chapadas e os morros-testemunhos.

Podem ser encontrados nas estruturas tabulares de bacia sedimentar, sobretudo na periferia desta, três tipos de paisagens geomorfológicas, a saber: superfícies planas, vales e escarpas abruptas que partem das cornijas em direção a área de depressão topográfica.

As Cuestras

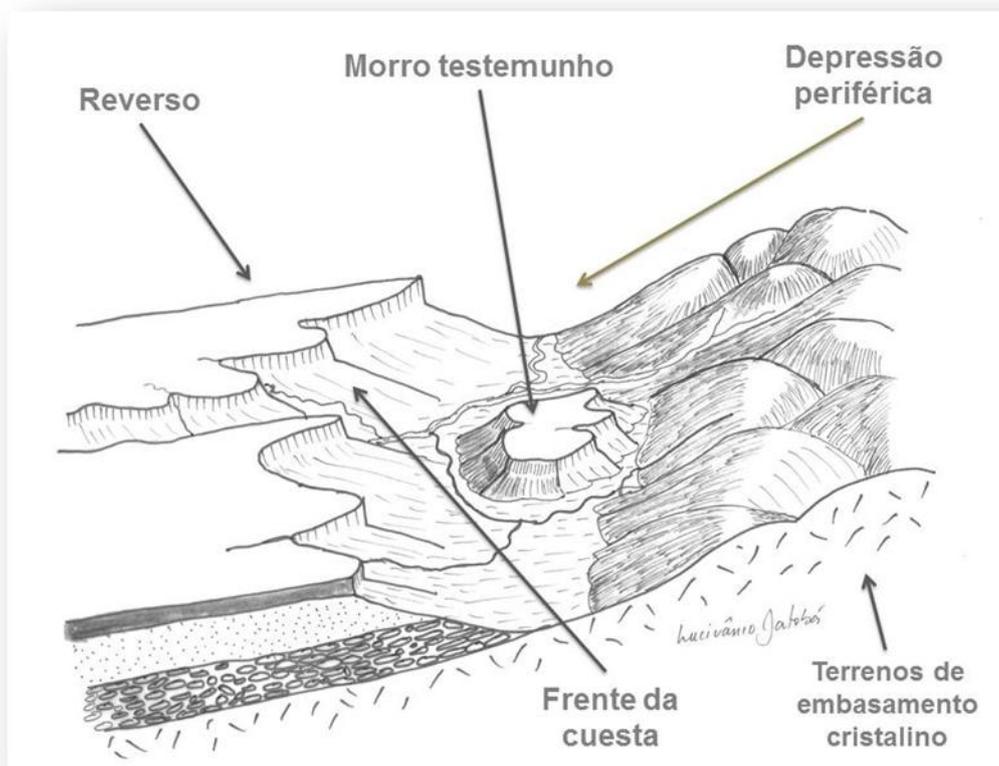
Dá-se a denominação de cuestras a um tipo de relevo que se caracteriza por ser assimétrico e apresentar uma área escarpada, ligada a uma camada sedimentar dura, que determina a presença da cornija, uma área deprimida, localizada no sopé da frente (da escarpa abrupta), e uma feição de relevo mais elevado, conhecida como reverso, que corresponde, em geral, à camada dura. A frente de uma cuestra é, quase sempre, precedida por morros-testemunhos, que são restos da antiga disposição da bacia sedimentar, denominados pelos geógrafos franceses de “butte- temoins” (Figura 18).

Tricart (1949) ressaltou que as cuestras surgem tanto em bacias sedimentares quanto nas velhas plataformas estruturais. Nas bacias sedimentares, essas paisagens cuestiformes dispõem-se em arco de círculo, exibindo uma frente externa. Nas velhas plataformas, as cuestras se mostram onduladas sobre abaulamentos. Neste caso, a frente das cuestras situam-se dispostas para o interior da bacia sedimentar.

¹ A história da Terra está subdividida em dois enormes períodos, denominados pelos geólogos de Éons. São dois os Éons estabelecidos: Criptozóico e Fanerozóico. O Criptozóico engloba 87% de toda história terrestre, compreendendo, portanto, todo o Pré-Cambriano. O Fanerozóico abrange apenas 13% dessa história. Fazem parte do Éon Fanerozóico as seguintes eras geológicas: Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico. Todas as bacias sedimentares encontradas no território brasileiro estão contidas no Fanerozóico.

As cuestas originam-se a partir da ação conjugada de fatores litológicos, tectônicos e climáticos que se verificam numa área ocupada por uma bacia sedimentar. As diferenças de comportamento frente à erosão demonstradas pela sucessão de camadas sedimentares exercem um papel preponderante nas formas exibidas pelos diversos elementos das paisagens cuestiformes.

Figura 18. Elementos de uma paisagem cuestiforme



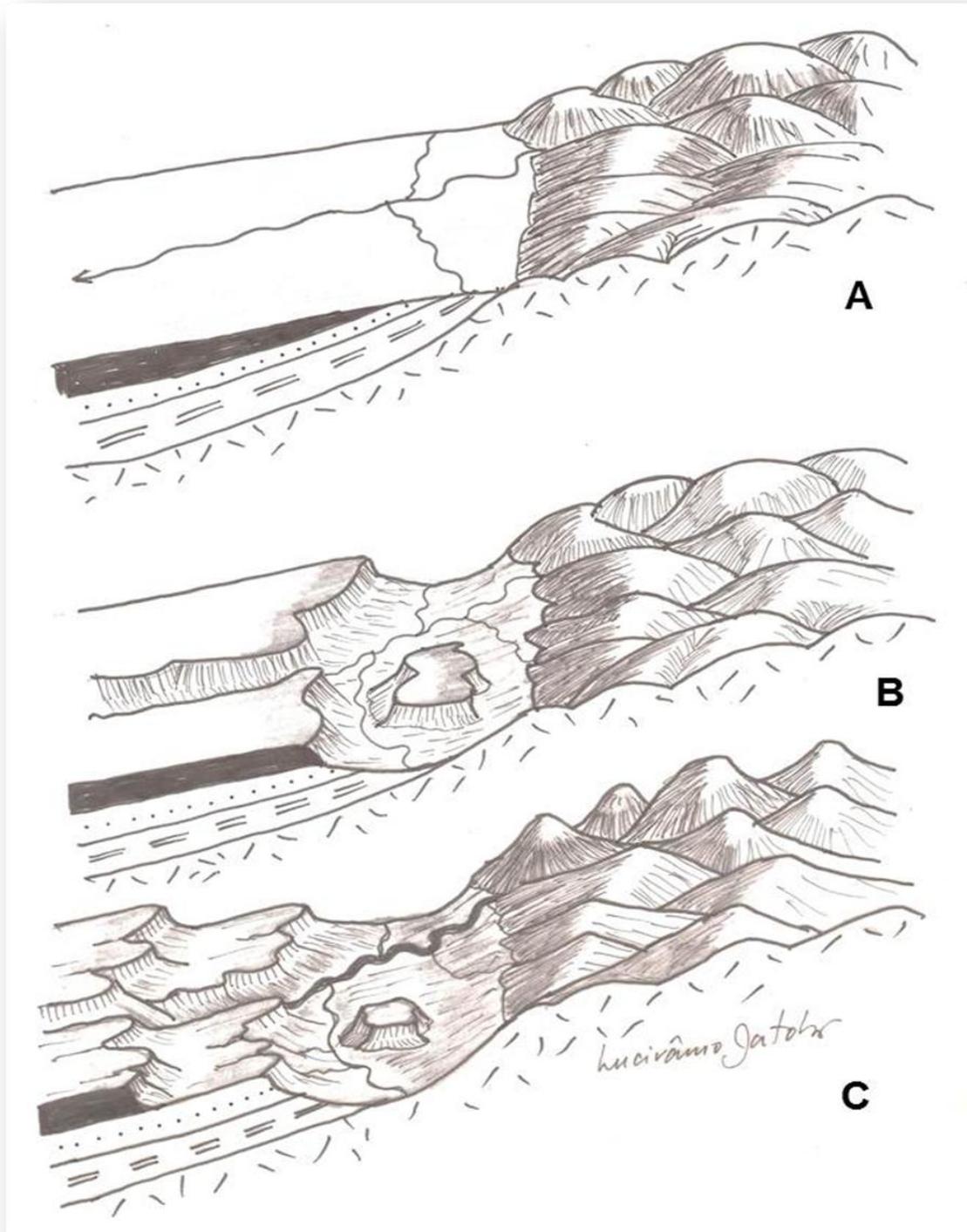
Os fatores litológicos estão representados pelos seguintes fatos: a ocorrência de camadas rochosas sedimentares concordantes e a alternância de camadas rochosas com dureza diferente. Não há nenhuma chance de ocorrer relevo cuestiforme numa estrutura concordante inclinada quando o material sedimentar é homogêneo. Essa alternância explica, inclusive, o perfil da frente de cuesta (JATOBÁ, 2001). O perfil das vertentes que partem do reverso da cuesta para a depressão periférica ou outra, no interior da bacia, apresenta, em geral, uma sucessão de camadas rochosas duras e tenras, que se refletem em patamares visíveis nas paisagens tabuliformes.

O ataque da erosão diferencial é uma das principais causas da forma assumida por uma cuesta e da evolução desta. O rápido aprofundamento dos principais vales fluviais (rios consequentes ou cataclinais²) dessas paisagens, após a intensificação da erosão linear, implicará, por seu turno, no rebaixamento dos níveis de base locais, sobretudo dos rios subsequentes.

² Os rios que compõem a drenagem que se estrutura nas paisagens cuestiformes foram assim denominados: Consequentes (Cataclinais), Subsequentes (Ortoclinais) e Obsequentes (Anaclinais), em função do mergulho das camadas rochosas. Os rios Consequentes são aqueles que se deslocam segundo o mergulho das camadas. Os Subsequentes seguem o seu percurso de forma aproximadamente perpendicular ao mergulho das camadas. Os rios que vertem para uma área em sentido absolutamente contrário ao mergulho das camadas denominam-se Obsequentes. A depressão periférica de uma cuesta evoluiu a partir da ação dos rios subsequentes.

A frente da cuesta, que compreende a cornija e os depósitos de tálus, é um ambiente bastante instável, podendo representar uma área de risco geológico, daí a necessidade de conhecer a dinâmica atual dessas paisagens e identificar essas áreas que representam um risco em potencial para as comunidades que residem nesses espaços. A preservação da cobertura vegetal original é condição essencial para a manutenção do equilíbrio da vertente, mesmo que instável. Na Figura 19 observa-se uma representação esquemática da gênese e evolução de paisagens cuestiformes.

Figura 19. Gênese e evolução de paisagens cuestiformes



Na situação A tem-se o término da deposição na bacia sedimentar. Dos terrenos cristalinos parte uma corrente fluvial que se desloca ao sabor do mergulho das camadas

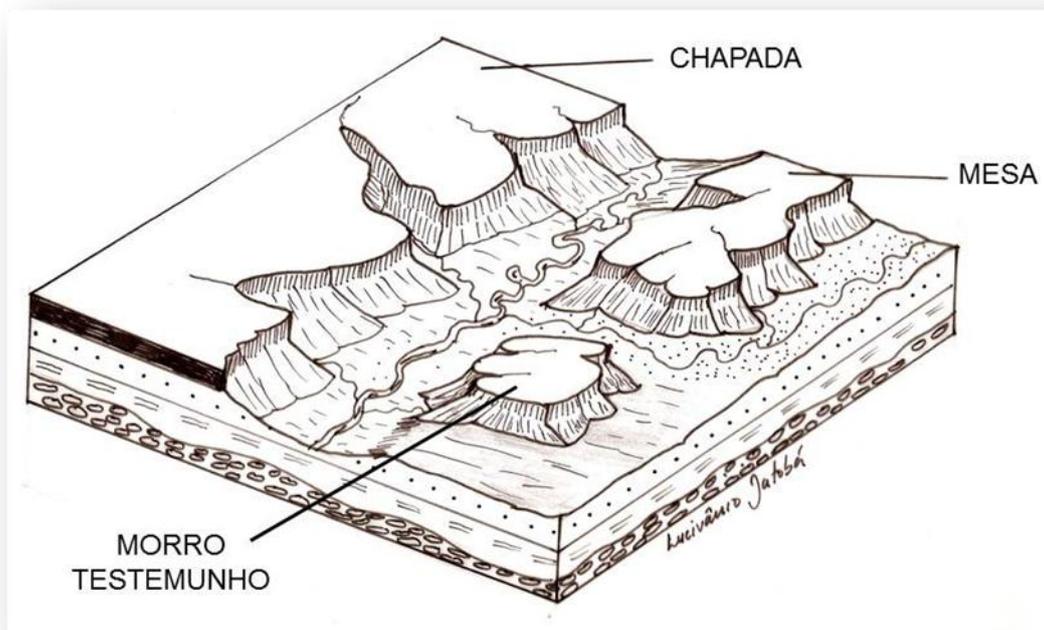
sedimentares para o centro da bacia. Esse rio comandará a vaga erosiva. Na situação B a corrente fluvial principal (rio consequente) abre um vale cataclinal. Os afluentes subsequentes do rio principal abrem uma paisagem denominada Depressão Periférica, conforme pode ser observada na etapa B. Os processos de erosão fluvial individualizam um morro-testemunho que representa uma antiga extensão da bacia sedimentar, então erodida. A fase mais avançada do processo erosivo (etapa C) corresponde a formação de questas altimetricamente dispostas, sob a forma de patamares. Alarga-se a depressão periférica, recua a frente das cuestas e tem início o desmonte do morro-testemunho.

Chapadas e mesas

As chapadas e mesas (Figura 20) são dois outros tipos de paisagens geomorfológicas encontradas em bacias sedimentares que foram tectonicamente soerguidas. Desenvolvem-se preferencialmente nas áreas mais centrais da bacia sedimentar, daí a horizontalidade topográfica que apresentam no topo ou reverso.

As chapadas diferem das mesas pela extensão que ocupam. As mesas são bem menores do que as chapadas, conforme visto na Figura 20. Essas duas paisagens têm uma gênese comum e recebem a expressiva influência da ação da erosão diferencial, a exemplo do que se verifica na formação das cuestas. Diferenciam-se desta pela presença de um topo plano fracamente inclinado.

Figura 20. Representação esquemática de paisagens do tipo chapada e mesas



2.2.2 Análise Morfoclimática de Paisagens

O relevo terrestre, no qual foram esculpidos os mais diversos tipos de paisagens, não depende apenas dos aspectos estruturais geológicos, anteriormente examinados. Esse relevo depende também de um conjunto de ações provocadas por agentes externos, sobretudo aqueles dependentes das condições climáticas ambientais do presente e pretéritas que esculpiram o que é denominado como morfoesculturas.

As morfoesculturas são as formas de relevo que se originam a partir das influências dos processos erosivos e deposicionais e variam de acordo com o tipo e a intensidade da erosão e

da sedimentação (JATOBÁ e LINS, 2008). Essas morfoesculturas refletem consideravelmente as condições climáticas ambientais atuais, mas podem denunciar, também, paleoclimas.

Os climas, através das variáveis temperatura, umidade atmosférica e precipitação, agem fortemente sobre o material rochoso que serve como substrato das paisagens. As ações climáticas, como agente geomorfológico, agem direta ou indiretamente. As ações diretas se verificam através de influências qualitativas, que determinam o sistema morfoclimático. Exemplificam-nas: a gelivação, as variações térmicas diárias na superfície terrestre, a umidade atmosférica e o ressecamento. As influências quantitativas podem ser entendidas mediante as relações dialéticas entre as transformações quantitativas e as transformações qualitativas, ou seja, as variações quantitativas nos elementos ou variáveis climáticas referidos proporcionam alterações na qualidade dos processos morfoclimáticos. Penteado (1974) mencionou um exemplo bem simples dessa dialética na natureza.

As influências indiretas do clima nos processos morfoesculturadores de paisagens acontecem através da cobertura vegetal e das formações superficiais (manto de intemperismo, solo, depósitos correlativos etc). Erhart (1956) propôs uma importante teoria que permite melhor compreender as relações entre cobertura vegetal e esculturação de paisagens. Trata-se da teoria da Bio-resistasia.

É BOM LEMBRAR QUE...

A distribuição das precipitações é fator de regime dos rios. O escoamento fluvial é diretamente proporcional à intensidade das chuvas. O escoamento líquido e sua ação sobre o leito obedecem as leis hidrodinâmicas, mas o trabalho geomorfológico da corrente varia em função da qualidade e da distribuição das precipitações. A ação química da água é função da intensidade das temperaturas e precipitações. A ação química cresce com o aumento da temperatura e da umidade. Desde que as influências quantitativas dos elementos do clima modificam a intensidade dos processos e as formas do relevo, a análise quantitativa dos elementos do clima é fator básico para o estudo geomorfológico (PENTEADO: 1974. p. 109).

Para Erhart (1956), essa teoria contempla duas situações distintas. A primeira é a fase da Biostasia, ou seja, aquela em que as vertentes se encontram recobertas por uma cobertura vegetal densa, fechada, como a que se verifica em ambientes equatoriais e tropicais úmidos. Nessa situação, a atividade erosiva é fraca ou quase nula, desenvolvendo-se assim uma pedogênese (formação de solos) que supera a morfogênese (erosão das paisagens) e configurando um balanço morfogenético negativo. A outra fase corresponde à resistasia, isto é, aquele período em que a cobertura vegetal densa, florestal, é substituída por formações vegetais abertas, que expõem mais os solos aos processos erosivos. A morfogênese passa a predominar sobre a pedogênese, modificando-se consideravelmente o potencial geoecológico das paisagens, com as perdas consideráveis dos elementos minerais que atapetam as vertentes e interflúvios (Figuras 21 e 22).

As mudanças e flutuações climáticas que ocorreram ao longo do Quaternário foram responsáveis pelas marcantes fases de biostasia e de resistasia que se sucederam no território brasileiro. Contudo, as ações antrópicas, sobretudo aquelas que produziram a destruição da cobertura vegetal, particularmente no território brasileiro, causaram fases “antroporresistásticas”. A aceleração dos processos erosivos verificados, por exemplo, nas áreas mais montanhosas do Sudeste brasileiro, denunciam esse fato.

As paisagens em fase de estabilidade morfodinâmica, ou de biostasia, são encontradas em regiões dotadas, entre outras, das seguintes condições geográficas: cobertura vegetal suficientemente fechadas para opor resistência aos processos erosivos; dissecação moderada, sem incisão intensa dos cursos d'água e ausência de manifestações vulcânicas (TRICART, 1977).

Figura 21. Paisagem em fase resistásica. Localidade: Fazenda Nova (PE)



Foto: Alineaurea Florentino Silva, 2016.

Figura 22. Paisagem em fase de biostasia



Disponível em: <http://defensoresdanatureza.com.br/conheca-as-3-principais-florestas-que-existem-no-mundo.html>. Acesso em: 01-09-2017.

2.2.2.1 Paisagens Geomorfológicas do Domínio Morfoclimático Semiárido

As regiões que apresentam climas secos (excluindo-se aqui as regiões polares) ocupam uma área muito extensa do planeta. São encontradas na África, Eurásia, Américas e Oceania.

As Américas têm regiões desérticas nas mais diversas faixas de latitude. Assim, são encontrados desertos na parte oeste dos Estados Unidos (Montana, Colorado etc.), na Califórnia (deserto de Mohave e Death Valley), nas mesetas mexicanas, na Venezuela e na porção oeste da América do Sul (deserto de Atacama). Além desses desertos mais célebres,

há outros de menores extensões, além de amplas áreas semiáridas, como a que se localiza no norte da Região Sudeste e no Nordeste do Brasil.

O Nordeste semiárido brasileiro apresenta uma série de paisagens que se originaram a partir das interferências de paleoclimas mais secos do que aqueles vigentes na atualidade e de ações tectônicas e litológicas. Dois processos morfoclimáticos contribuíram sensivelmente para a formação das paisagens semiáridas do Brasil: o intemperismo mecânico e a ação pluvial. Os ventos agiram também, mas secundariamente.

Quando uma rocha entra em contato com a atmosfera terrestre é submetida a processos direta ou indiretamente ligados ao clima. Esses processos irão alterar a rocha com maior ou menor intensidade. Ao conjunto desses processos que ocasionam a desintegração e a decomposição do material rochoso reserva-se o nome de meteorização.

Os dois tipos principais de meteorização são a mecânica ou física e a química. Na superfície terrestre, ambos atuam simultaneamente, mas a predominância de um sobre o outro será uma consequência das condições climáticas reinantes. A desagregação mecânica das rochas domina nas regiões secas (áridas e semiáridas), enquanto que a decomposição química pressupõe a existência de condições climáticas úmidas.

Resultados mais significativos dos processos de meteorização em ambientes secos são: a fragmentação das rochas em blocos angulosos ou subangulosos; a descamação de rochas com nítidos planos de orientação, tais como os gnaisse, xistos e granitos de granulação grossa; esmigalhamento (*émiettement*), que ocasiona a formação de manchas de areia que recobrem discretamente, às vezes, as rochas aflorantes. A consequência principal desses processos referidos é a formação do manto de intemperismo ou regolito, em cuja parte superior tem lugar o solo.

O regolito e os solos revestem as vertentes e por elas descem por uma imposição da Lei da Gravidade. A maneira como descem desempenha um importante papel na evolução das vertentes.

O escoamento superficial (*ruisselement pluvial*) é o processo mais significativo de esculturação de paisagens em ambientes semiáridos. O escoamento superficial, representado sobretudo pela água que se esco difusamente na superfície das vertentes, conduz partículas muito fina (silte, por exemplo) em suspensão e areias, mediante o rolamento. Esse escoamento superficial poderá ser em lençol (*“sheet flood”*), em filete (*“rill wash”*) e em ravina (*“gullying”*) A eficácia erosiva desse elemento do domínio morfoclimático em pauta é uma função das chuvas torrenciais que ocorram na área, a ocorrência de vegetação escassa, declividade do terreno e a baixa permeabilidade das formações superficiais.

Nas regiões secas, como o Sertão do Nordeste brasileiro, tendo em vista a importância da meteorização mecânica, as paisagens apresentam, geralmente, sobre a superfície do terreno, detritos rochosos muito pouco alterados, que formam os pavimentos detríticos ou rañas (Figura 23).

São frequentes nas paisagens do semiárido depósitos de sedimentos e blocos rochosos que se destacam das vertentes e formam na base destas os depósitos de tálus ou cones de dejeção (*“cônes d’eboulis”*), conforme pode ser visto na Figura 20. São depósitos detríticos rochosos formados sobretudo pela ação da gravidade e com a colaboração da ação pluvial e exibem marcas, na paisagem, de distribuição caótica e arredondamento de seixos quase nulo (SUGUIO, 1998).

Nas regiões semiáridas, a ação pluvial exerce um papel de destaque na gênese e evolução das paisagens geomorfológicas, por mais paradoxal que possa parecer. O escoamento superficial das águas provenientes das chuvas constitui um poderoso agente erosivo, sendo, portanto, bastante eficiente na remoção do manto de intemperismo que atapeta as rochas. Nessas regiões, onde a cobertura vegetal é rarefeita e os aguaceiros fortes e concentrados num curto período de tempo, o escoamento superficial é o elemento determinante da morfogênese do relevo, respondendo pelo perfil marcadamente côncavo das vertentes.

Figura 23. Pavimento detrítico no município de Petrolina-PE

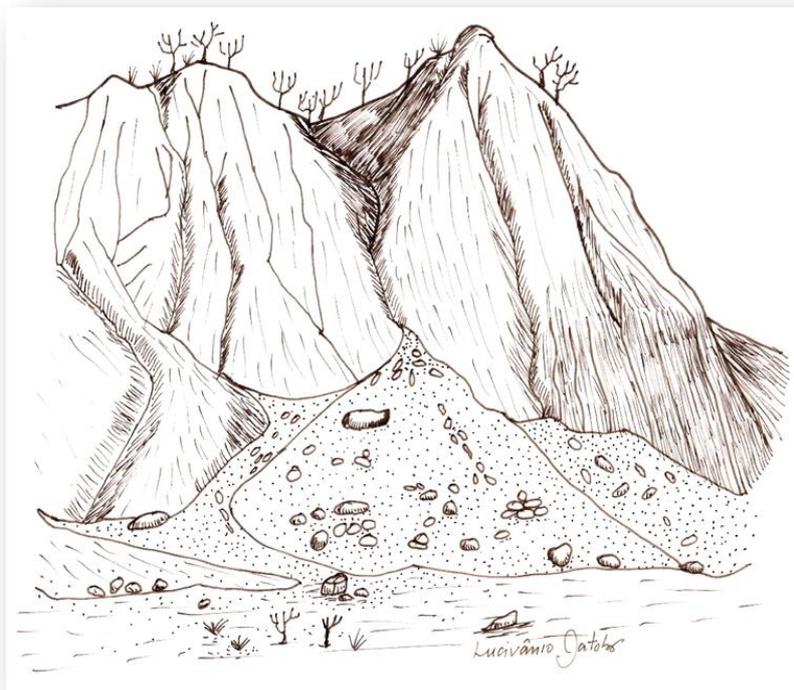


Foto: Alineaura Florentino Silva, 2015.

Figura 23. Cone de dejeção em ambiente semiárido.

VALE A PENA SABER:

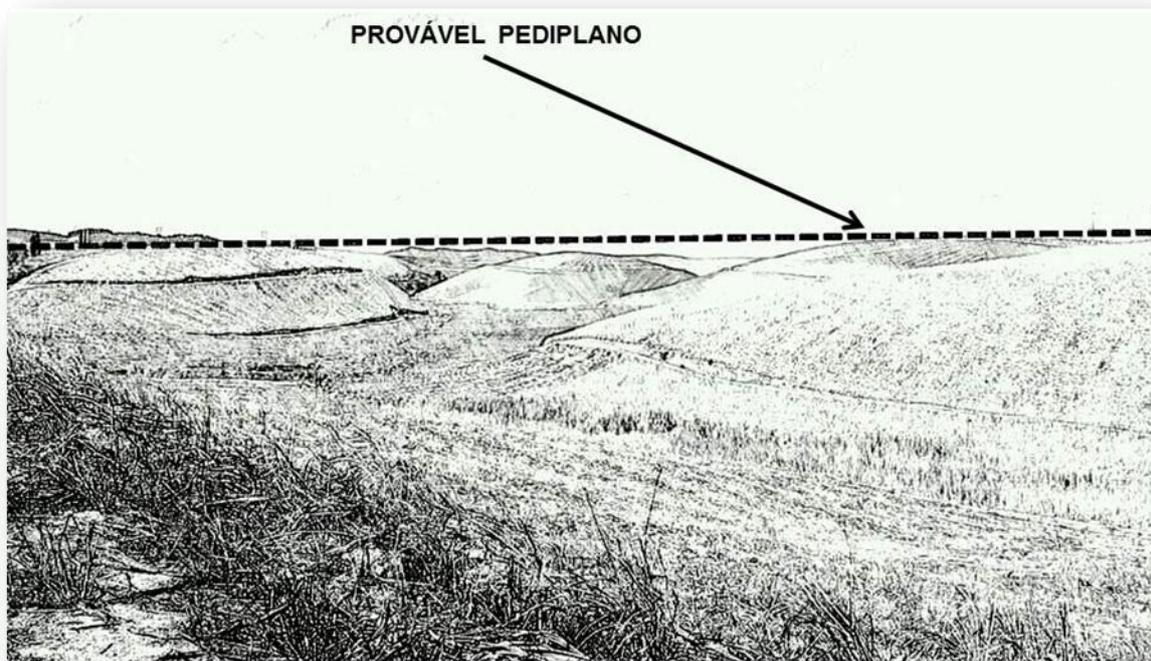
Cone de dejeção é um depósito de material detrítico grosseiro na base da vertente. Resultante de escoamento concentrado em canais temporários ou por torrentes, tem forma cônica, abrindo em leque para a jusante e o eixo é coincidente com a linha de maior competência do fluxo. Florenzano (2008).



As paisagens dos pedimentos e pediplanos

Pedimentos e pediplanos são dois elementos morfológicos frequentemente encontrados nas paisagens que foram submetidas a condições morfoclimáticas semiáridas severas. No Nordeste brasileiro surgem em quase toda Região. Em algumas áreas, a exemplo da parte oriental, como paleoformas de relevo, deduzidas pelo perfil assumido por certas vertentes ou pela observação do topo plano das colinas e morros (Figura 24)

Figura 24. Provável pediplano em ambiente tropical úmido. Zona da Mata de Pernambuco.



Deve-se a Lester King (1956) a elaboração de um modelo evolutivo de paisagens geomorfológicas a partir da ação dos processos de pedimentação. Trata-se da “Teoria da Pediplanação”, por ele aplicada à Região Sudeste do Brasil.

King (1956) baseou-se no modelo de W. M. Davis, ou seja, no Ciclo Geomórfico ou Ciclo de Erosão. Para Davis (1889), o relevo terrestre atravessa três estágios distintos, encadeados, denominados fases: Fase Juvenil, Fase de Maturidade e Fase de Senilidade.

O Ciclo de Erosão inicia-se com uma forte interferência de fenômenos tectônicos que provocariam um levantamento da superfície primitiva. A seguir, seria necessária, de acordo com Davis, uma prolongada fase de estabilidade tectônica, que propiciaria uma erosão generalizada da paisagem. O estágio de juventude desse ciclo corresponde precisamente à situação inicial de desequilíbrio, caracterizado pelo fato de que uma parte da energia disponível é utilizada para o modelamento das formas de relevo, representadas quedas d’água, rápidos etc (KLEIN, 1985). O estágio da maturidade caracteriza-se pelo rebaixamento do relevo de cima para baixo (*wearing-down*: desgastar para baixo), o que torna necessário admitir a continuidade da estabilidade tectônica, bem como dos processos de erosão (CASSETI, 1991). A fase mais avançada do Ciclo em pauta é a da senilidade, quando a topografia e amplamente erodida e a paisagem anterior reduz-se a uma superfície quase plana, denominada por Davis (1889) de “peneplano”.

A noção de Ciclo de Erosão exprime nitidamente a evolução das vertentes no sentido do aplanamento. Essa evolução, designada por Davis de fases de Juventude, Maturidade e Velhice se processa diferentemente sob diferentes climas. Tal modelo geomorfológico teve uma importância muito grande no desenvolvimento da Geomorfologia e durante muitos anos foi aplicado em diversos países do mundo. Hoje, sabemos, o Ciclo de Davis apresenta alguns pontos falhos, merecendo, portanto, ser revisto. Lembramos ainda que o modelo davisiano não pode ser aplicado ao Brasil para explicar as diversas superfícies de erosão que são encontradas nos diversos quadrantes do país (LINS: 2001, p.54).

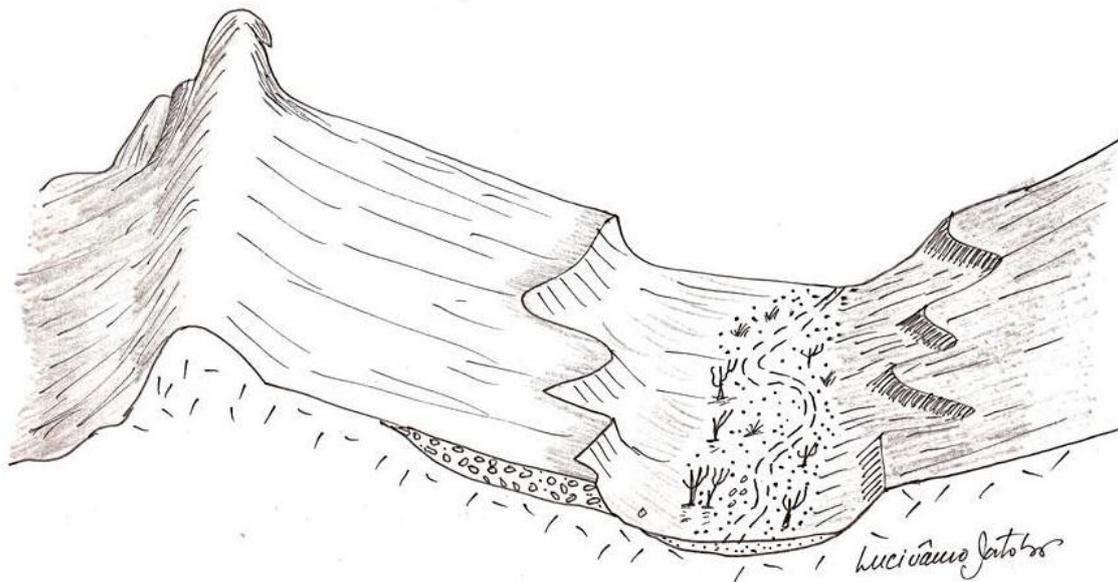
King (1956) utilizou ainda o modelo de Penck (1953), quando se refere ao “recuo paralelo das vertentes”, para explicar a evolução morfológica das paisagens. Esse autor, ao contrário de Davis, para quem essas paisagens evoluíram, segundo o modelo proposto, pela ação erosiva fluvial em “ambientes temperados úmidos”, considerava que esse recuo referido

decorria da ação de processos de erosão sob climas semiáridos. King (1956) defendia que essa ação criaria vertentes de perfil marcadamente côncavo, denominadas pedimentos. A evolução generalizada das superfícies pedimentadas geraria paisagens extensamente aplanadas pelos processos erosivos, conhecidas como pediplanos, cujas formas residuais neles “ilhadas” foram designadas como inselbergues.

Sinteticamente, pode-se dizer que pedimento é uma vertente suavemente inclinada, em geral de forma côncava, que mergulha em direção ao fundo de um vale, produzida pela ação dos processos erosivos decorrentes do escoamento superficial (“sheet flood”), em ambiente semiárido severo (Figura 22). O resultado da coalescência geral de pedimentos é a formação de um pediplano. Howard (1942) definiu pedimento como sendo o trecho da superfície de degradação instalada ao sopé de uma vertente em processo de recuo.

King (1956) atribuía ao policiclismo do relevo brasileiro, ou seja, à sucessão de superfícies de erosão, por ele intituladas de Superfície Gondwana, Superfície Pós- Gondwana, Superfície Sulamericana, Superfície Velhas e Ciclo Polifásico Paraguaçu, as interferências tectônicas. Andrade e Lins (1963) e Bigarella, Mousinho e Silva (1965) questionaram a hipótese de King, inserindo, além das ações do tectonismo os efeitos das mudanças paleoclimáticas ocorridas no país, ao longo do Cenozóico. Empregando-se as palavras de Thornbury (1960), pode-se dizer que as paisagens brasileiras são policíclicas e poligênicas ou complexas.

Figura 22. Representação esquemática de um pedimento dissecado.

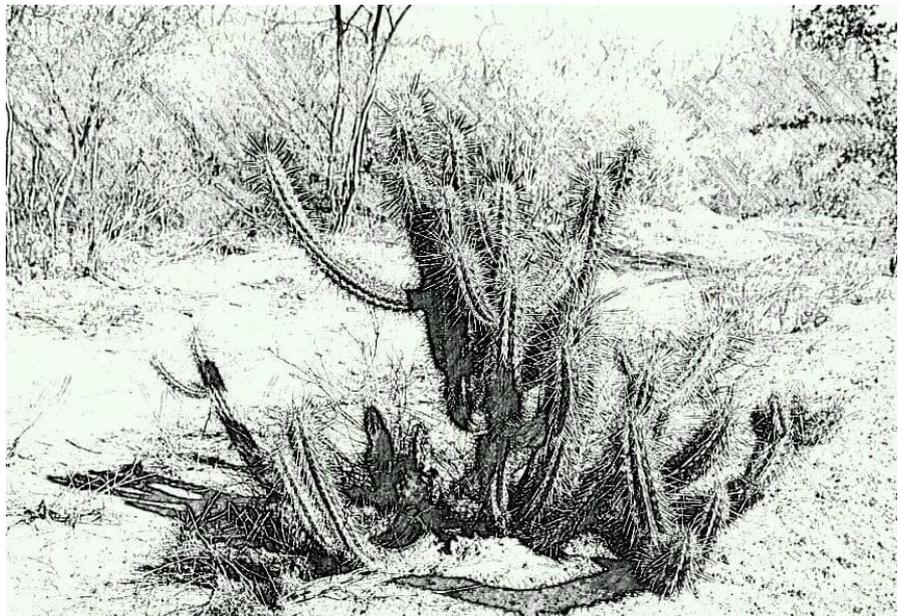


Os pedimentos encontrados nas áreas semiáridas brasileiras, quando se exibem sob a forma de pedimentos dissecados representam um indicador de que as condições climáticas ambientais mudaram em direção ao úmido após a elaboração dessas feições erosivas. Sob climas mais úmidos ou subúmidos as correntes fluviais adquirem mais energia cinética e podem dissecar a paisagem. Esse fato é marcante nos pedimentos do agreste pernambucano, por exemplo.

CAPÍTULO 3

Unidades de Paisagem do Semiárido Brasileiro

Lucivânio Jatobá



INTRODUÇÃO

No contexto intertropical do território brasileiro, o Nordeste é a região que possui a maior diversidade de quadros naturais. Dentre os domínios de paisagens ou de condições morfoclimáticas do Brasil intertropical, praticamente todos eles ocorrem nessa região. O que singulariza o macro-espaço nordestino em relação às demais regiões brasileiras, contudo é que seu território está submetido à influência do clima BSh ou clima semiárido de áreas de baixas latitudes.

A área do Semiárido brasileiro foi delimitada a partir da EMBRAPA (1991) e engloba o conjunto de Unidades Geoambientais no qual ocorre a vegetação dos diferentes níveis de Caatinga ou de transição de Caatinga para outros ecossistemas. Dos trabalhos de Major (1951), Bertrand (1971), Tricart (1977) e Tricart e Killian (1979). Dos trabalhos desses autores mencionados pode-se concluir que a vegetação é uma expressão do clima, bem como de outros fatores geoambientais representados pelo relevo, litomassa e pelos organismos, numa interação que ocorre ao longo do tempo e que resulta, também, na determinação de todo o quadro natural.

O semiárido nordestino fica situado em posição marginal relativamente aos ambientes de climas áridos e semiáridos tropicais e subtropicais do Globo. Trata-se de um espaço geográfico de caráter nitidamente azonal, com mais de 800.000km² de área, com sérios problemas socioeconômicos e com expressiva singularidade climática.

A heterogeneidade climática nordestina, sobretudo pluviométrica, sem paralelo com outras regiões brasileiras, decorre principalmente da complexa ação de sistemas atmosféricos, sistemas que são tropicais e, inclusive, extratropicais.

Levando-se em consideração os aspectos geológicos, pode-se afirmar que o Nordeste Semiárido Brasileiro situa-se em terrenos pré-cambrianos do Embasamento Cristalino, que predominam enfaticamente, além de terrenos sedimentares paleo-mesozóicos e faixas de deposição cenozóica, sobretudo na área costeira setentrional e oriental.

Geomorfologicamente, a compartimentação de paisagens expressa, além das marcantes influências estruturais, os reflexos de superfícies de aplanamento (pediplanos e pedimentos) escalonadas.

A descrição feita a seguir foi baseada no trabalho “Condições geo-ambientais do semiárido brasileiro”, elaborado por SOUZA, OLIVEIRA, LINS e JATOBÁ (1996), com alguns acréscimos e inclusões de imagens SRTM e do Google Earth, para torná-lo um pouco mais didático.

3.1 Unidades De Paisagem do Semiárido brasileiro

Foram propostas nove grandes unidades de paisagem para o semiárido brasileiro (SOUZA, OLIVEIRA, LINS e JATOBÁ, 1996) : Planaltos Sedimentares; Depressão Sertaneja; Planalto da Borborema; Planaltos de Coberturas Calcárias; Maciços Residuais; Chapada Diamantina e Encosta do Planalto Baiano; Tabuleiros Costeiros; Planície Costeira; Grandes Planícies Fluviais. Um dos principais aspectos considerados nessa compartimentação foi o fator geomorfológico. A seguir será apresentada uma sintética caracterização dessas unidades de paisagens referidas.

3.1.1 Planaltos Sedimentares

Planaltos sedimentares são compartimentos de relevo desenvolvidos em bacias sedimentares ou em restos destas dispostos sobre o embasamento cristalino. São áreas planas ou discretamente onduladas, delimitadas por declives, nas quais os processos de erosão superam os de deposição. A topografia dessas unidades coincide com a disposição geral das camadas rochosas.

As características físico-geográficas dominantes dos planaltos sedimentares são as seguintes (Figura 23):

- a) presença marcante de chapadas, cuestras e baixos platôs, recobertos por arenito em estruturas horizontais e sub-horizontais;
- b) condições climáticas úmidas e subúmidas na vertente oriental da Borborema, definidas pelas precipitações que atingem a média anual compreendida entre 1000 e 1400mm;
- c) baixo potencial de recursos hídricos superficiais, mas com potencial razoável de águas sub-superficiais com águas pouco profundas, com potencial máximo de 100m²/h/10km²;
- d) predominância de solos profundos (latossolos) nos topos, podzólicos nas vertentes e aluviais no fundo dos vales;
- e) vegetação de floresta subperenifólia, caatinga hipoxerófila e enclaves de cerrados;

Figura 23. Trecho da Chapada do Araripe (PE)



Fonte: Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/pe/hth3/pe01_01.htm. Imagem SRTM, escala original: 1:250.000

Os principais problemas ambientais observados nessas unidades de paisagem são:

- a) solos ácidos e dotados de uma baixa fertilidade natural nas áreas úmidas e subúmidas. Nas vertentes e fundo de vales, os solos são podzólicos e aluviais, com fertilidade natural média a alta;
- b) excessiva lixiviação dos solos após os desmatamentos;
- c) nos baixos planaltos, a principal limitação natural é o déficit apresentado pelo balanço hídrico;
- d) grandes extensões de paisagem submetidas às condições semiáridas e aos impactos das secas.

3.1.2 Depressão Sertaneja

As porções centrais e centro-norte do Nordeste brasileiro, englobando partes dos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí estão englobadas numa unidade de paisagem designada como Depressão Sertaneja (Figuras 24 e 25). Engloba depressões interplanálticas semiáridas, que se situam, nas paisagens nordestinas com precipitação média anual da ordem de 400 a 800mm, ou até um pouco mais.

As características físico-geográficas mais marcantes da Depressão Sertaneja são:

- a) amplas superfícies de erosão, desenvolvidas em rochas cristalinas cristalofílicas, produzidas por prolongados processos de pedimentação;

- b) presença de amplos pediplanos e pedimentos, como relevos residuais do tipo inselbergues;
- c) algumas áreas da unidade de paisagem exibem setores de paisagens dissecadas em colinas rasas;
- d) drenagem superficial muito ramificada e de regime intermitente sazonal;
- e) fraco potencial de águas subterrâneas, que ocorrem geralmente em áreas de fraturas geológicas;
- d) predomínio de solos rasos a medianamente profundos;
- e) aparecimento frequente de afloramentos rochosos cristalinos e cristalofílicos, bem como de chãos pedregosos (“rañas”, pavimentos detríticos). Nos setores de maior declividade surgem os neossolos litólicos e dispostos no fundo dos vales, solos aluviais (flúvicos).
- d) recobrimento vegetal de caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, com enclaves pouco comuns de cerrados e mata ciliares de carnaúba.

Figura 24. Depressão sertaneja no Estado do Ceará



Disponível em <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/ce/hth3/ce03_01.htm> Imagem SRTM, escala original: 1:250.000

Os principais problemas ambientais verificados nessa unidade de paisagem são:

- a) chuvas concentradas em curto período do ano, em geral de janeiro a maio ou de novembro a abril;
- b) extrema irregularidade do regime pluviométrico e longa estação seca, ou seja, aquela em que a evapotranspiração potencial excede a quantidade de chuvas;
- c) elevadas taxas anuais de evapotranspiração real, com balanço hídrico desfavorável;
- d) salinização dos solos nas áreas planas e baixas (“baixadas sertanejas”)
- e) erosão dos horizontes superficiais dos solos em decorrência das chuvas torrenciais convectivas e da pequena capacidade protetora exercida pelas caatingas;
- f) baixo potencial de águas subterrâneas.
- g) erosão dos solos férteis nas áreas desmatadas de maneira indiscriminada;
- h) fortes indícios de desertificação.

Figura 25. Depressão Sertaneja no Agreste de Pernambuco

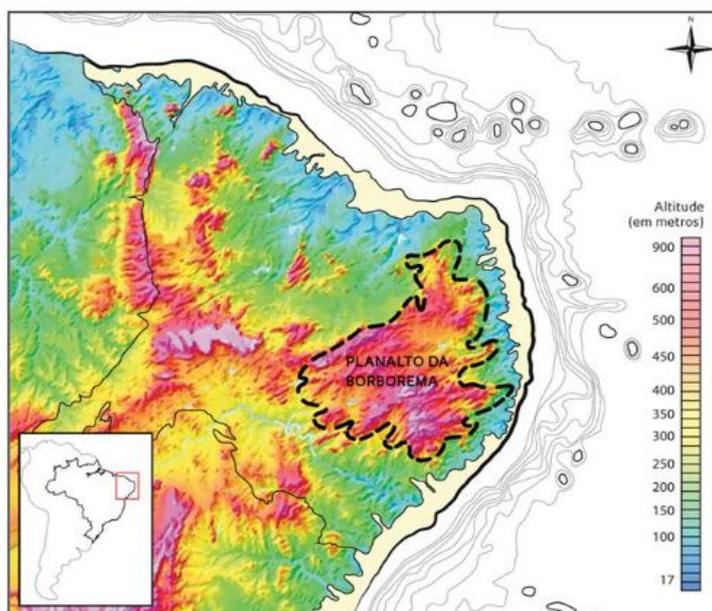


Disponível em < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/pe/hth2/pe04_12.htm > Imagem SRTM, escala original: 1:100.000.

3.13 Planalto da Borborema

O Planalto da Borborema é uma dos mais significativos compartimentos regionais do relevo nordestino. É um conjunto de maciços e blocos falhados e dobrados em rochas do embasamento cristalino pré-cambriano. Estende-se desde o norte do Estado de Alagoas até o Estado do Rio Grande do Norte (Figura 26). As altitudes dessa unidade de paisagem variam entre 500m e 900m. Algumas superfícies de cimeira, retalhos de um antigo pediplano, atingem 1000m ou um pouco além desse valor.

Figura 26. Extensão aproximada do Planalto da Borborema



PARA SABER MAIS

O Planalto da Borborema é o conjunto de grandes e pequenos maciços residuais, não raro muito descontínuos, que foram realçados por obra de sucessivos aplanamentos embutidos e deixados por fim, eminentes sobre a geral superfície plio-pleistocênica que, como um baixo pedestal singe o núcleo Pré-Cambriano do Nordeste Oriental Brasileiro, por quase todos os quadrantes.

Andrade e Lins (1965), p. 21

Fonte: Modificado de < <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/07/16/a-origem-da-montanha/> > Originalmente sem escala.

As características físico-geográficas que mais se destacam nessa unidade de paisagem são:

- área entalhada por vales profundos alternados com diferentes feições dissecadas com colinas, cristas residuais e patamares escalonados;

- b) amplas superfícies pediplanadas para oeste;
- c) contrafortes orientais apresentando condições de clima úmido a subúmido e encostas ocidentais secas;
- d) baixo potencial de recursos hídricos sub-superficiais;
- e) vegetação de florestas caducifólias a subcaducifólias;
- f) nas áreas de cimeira, surgem solos argissolos e neossolos litólicos e nas baixas vertentes planossolos e vertissolos, em algumas áreas.

Os problemas ambientais mais destacados são:

- a) a disposição do relevo face aos fluxos de ar gera diferenças ambientais profundas nessa unidade de paisagem.
- b) nos contrafortes orientais e nos brejos de cimeira, onde é maior a dissecação do relevo e são melhores as condições de umidade, as florestas subperenifólias e caducifólias foram degradadas e os processos erosivos bastante acelerados;
- c) nas vertentes ocidentais, o fator limitante é a semiaridez mais severa;
- d) a maior restrição ao uso do solo são as fortes deficiências de natureza climática e hídrica durante a maior parte do ano.

3.14 Planalto com Coberturas Calcárias

Diversas áreas do Semiárido nordestino dispõem-se em estruturas rochosas calcárias. São áreas dispersas e descontínuas de superfícies planálticas, tais como a Chapada de Irecê (Figura 27), a Chapada do Apodi e a porção ocidental do Planalto do São Francisco. Essa unidade de paisagem recebeu a denominação de “Planalto com coberturas calcárias”.

As características físico-geográficas que mais são ressaltadas nessa unidade de paisagem são as mencionadas a seguir:

- a) faixas altimétricas muito variáveis, de 100 a 900m;
- b) baixa frequência de rios, explicada pela ocorrência de estrutura cárstica;
- c) águas sub-superficiais pouco profundas;
- d) Solos com alta fertilidade natural;
- e) Cobertura vegetal de caatingas hiperxerófila, florestas caducifólias e caatingas hipoxerófilas.

Figura 27. Planaltos com coberturas calcárias. Chapada de Irecê(BA)



Fonte: disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/ba/hth3/ba05_03.htm, Imagem SRTM. Escala original: 1:250.000

A principal restrição ao uso do solo dessa unidade de paisagem são as fortes deficiências de natureza climática e hídricas durante a maior parte do ano.

3.15 Maciços Residuais

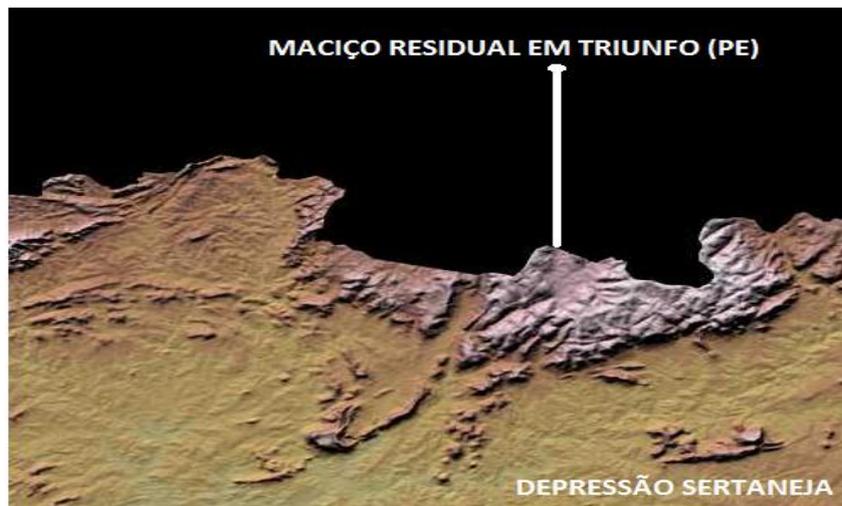
Os maciços residuais são paisagens que contrastam com a Depressão Sertaneja, no Nordeste brasileiro, pelas altitudes que apresentam e pela existência de verdadeiras “ilhas de umidade”. Exemplificam-nas as serras do Baturité e Meruoca, no Ceará, e serra da Baixa Verde, em Triunfo, Pernambuco (Figura 28).

São maciços antigos, nos quais surgem ilhas de exceção de umidade, constituídos por rochas intrusivas ou metamórficas, revestidos primariamente por florestas perenifólias ou subperenifólias, com morfogênese química e evolução associada com os processos de dissecação do relevo. (SOUZA, LIMA e PAIVA, 1979).

As características físico-geográficas identificadas nessa unidade de paisagem são as seguintes:

- a) rede de drenagem superficial muito densa;
- b) baixo potencial de recursos hídricos subsuperficiais em sistemas de fraturas geológicas;
- c) solos neossolos litólicos nos topos, vertentes com argissolos, com boa fertilidade natural e fundos de vale estreitos com profundos solos aluviais.
- d) vegetação de caatinga hipoxerófila nas serras baixas.

Figura 28. Maciço Residual. Triunfo(PE)



Fonte: Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/pe/hth2/pe03_07.htm. Imagem SRTM. Escala original 1:100.000

Os problemas ambientais identificados nessa unidade de paisagem são:

- a) riscos de erosão acentuados;
- b) relevo declividade acentuada
- c) pequena espessura dos solos, sobretudo nas “serras secas”, que passa a ser um fator limitante ao uso dos referidos solos.
- d) dependência da estabilidade ambiental à permanência de cobertura vegetal na área.

3.16 Chapada Diamantina e Encostas do Planalto Baiano

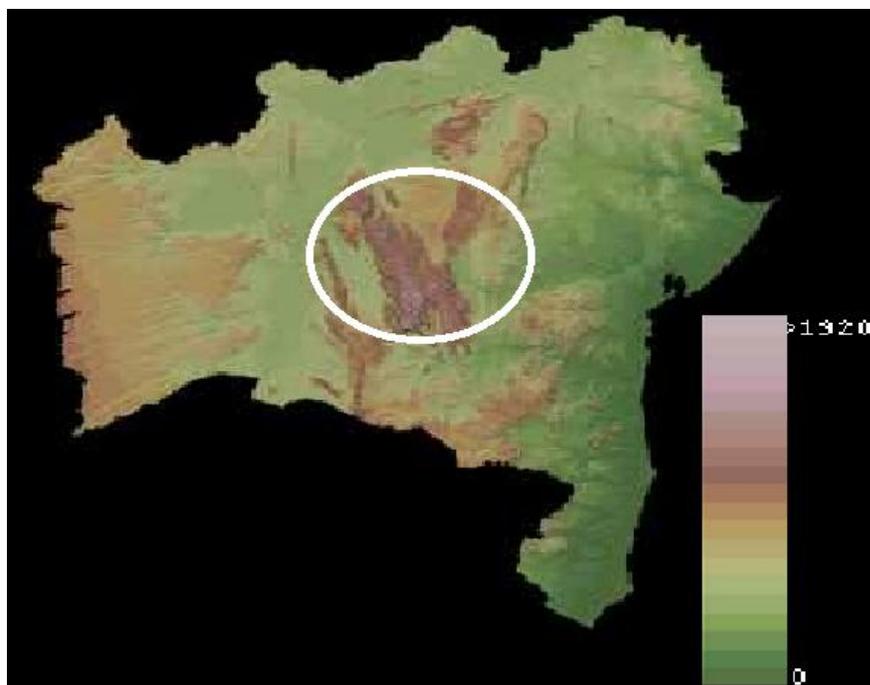
Essa unidade de paisagem ocupa a região centro-meridional da área semiárida do Nordeste brasileiro, incluindo ainda os relevos fortemente entalhados do Planalto Baiano (Figura 29) . Parte dessa área vem se destacando como espaços para turismo geoambiental, notadamente trechos da Chapada Diamantina. Na Chapada Diamantina, o turismo, a partir do

final da década de 1970, passou a ser incrementado com o objetivo de enfrentar a estagnação econômica decorrente do declínio da mineração, cujo apogeu se verificou na primeira metade do século XX. (GIUDICE e SOUZA, 2010).

Essa unidade de paisagem possui as seguintes características gerais:

- a) conjunto de extensos platôs modelados em rochas do embasamento, recobertos para oeste por litologias sedimentares, com altitudes médias superiores a 1.000m;
- b) índices pluviométricos médios de 750mm, nas encostas do Planalto Baiano, com estação chuvosa de outubro a abril;
- c) baixo potencial de águas subsuperficiais em sistemas de fraturas;
- d) topos de platôs com solos profundos, representados por latossolos, apresentando baixa fertilidade natural;
- e) cobertura vegetal de caatingas hiper e hipoxerófilas.

Figura 29. A unidade de paisagem Chapada Diamantina e adjacências



Fonte: EMBRAPA. Imagem SRTM.

3.1.7 Tabuleiros Costeiros

A unidade de paisagem Tabuleiros Costeiros é encontrada não apenas no semiárido nordestino, mas na parte úmida oriental da Região. Aqui serão considerados apenas o primeiro.

Os tabuleiros costeiros desenvolveram-se em terrenos sedimentares que pertencem ao Grupo Barreiras, de idade plio-pleistocênica. Notabilizam-se pela ocorrência de uma topografia com topos horizontais que, suavemente mergulham em direção ao Atlântico, nos estados do Rio Grande do Norte (litoral setentrional) e Ceará. As encostas desses relevos têm feições retilíneas e expõem, às vezes, um material concrecionário de maior resistência que dificulta o aproveitamento agrícola (SOUZA, LIMA e PAIVA, 1979).

As características naturais dominantes dessa unidade de paisagem são:

- a) clima semiárido, com precipitações médias anuais entre 700 e 900mm;

- b) drenagem superficial densa, com rios intermitentes sazonais e águas sub-superficiais pouco profundas;
- c) no topo dos tabuleiros surgem solos arenosos, argissolos espessos, além de latossolos.
- d) fertilidade dos solos considerada média a baixa;
- e) formações vegetais dominantes do tipo caatingas hipo e hiper xerófilas, além de matas de carnaúbas, nos vales inundáveis de fundo chato.

As principais limitações dessa unidade de paisagem são as características dos solos, ou seja, a baixa fertilidade natural, e a inclinação das encostas.

3.1.8 Planície Costeira

Essa unidade de paisagem situa-se numa estreita faixa litorânea dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Possui uma grande quantidade de sedimentos arenosos que são modelados, sobretudo, pela ação eólica e também fluvial (Figura 30). As atividades de turismo e de lazer são favorecidas destacadamente nessa unidade de paisagem.

As características físico-geográficas da unidade de paisagem referida são:

- a) paisagem modelada pelas ações eólicas, marinhas, fluviais e flúvio-marinhas;
- b) ocorrência de extensos campos de dunas móveis;
- c) clima semiárido a subúmido;
- d) elevado potencial de recursos hídricos subsuperficiais;
- e) solos arenosos recobertos com vegetação de restingas;
- f) planícies flúvio-marinhas.

Figura 30. Planície Costeira no Estado do Ceará



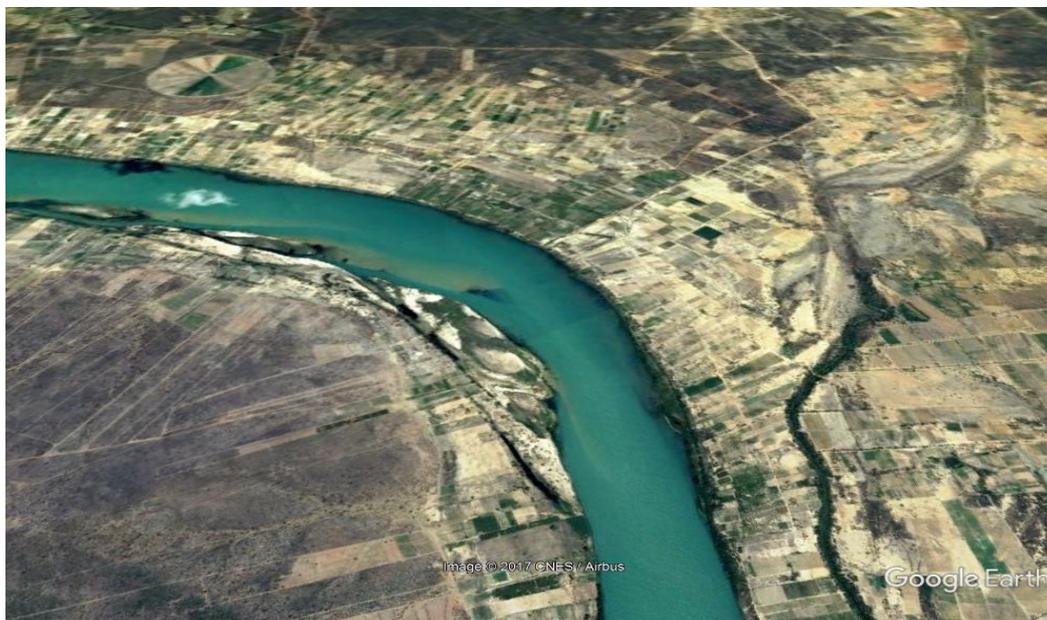
Fonte: Google Earth. Acesso em 14 de setembro de 2017.

Dois problemas ambientais se destacam nessa unidade de paisagem. O primeiro é a drenagem imperfeita dos solos, aliada com problemas de salinização, e o segundo está representado pelas periódicas inundações que se verificam, quando do período de chuvas mais intensas.

3.1.9 Grandes Planícies Aluviais

São expressivas áreas de acumulação aluvial nas planícies do Médio São Francisco (Figura 31), nos baixos cursos dos rios Jaguaribe, Parnaíba e Acaraú (CE-PI).

Figura 31. Trecho da Planície Fluvial do São Francisco, no limite entre os estados de Pernambuco e Bahia



Fonte: Google Earth. Acesso em 14 de setembro de 2017-09-14

Apresenta as seguintes características físico-geográficas:

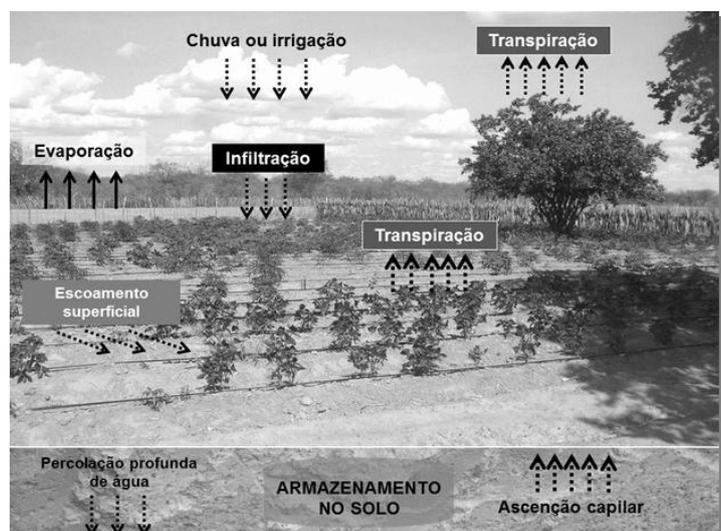
- a) climas semiáridos, mas também tropicais, com estação seca prolongada;
- b) precipitações médias anuais compreendidas entre 700 e 1.000mm;
- c) regime de chuvas entre outubro e abril, no Médio São Francisco e janeiro e julho no Ceará e PI;
- d) solos aluviais profundos, moderada a imperfeitamente drenados;
- e) solos com fertilidade natural de média a alta, revestidos por matas de carnaúba e florestas caducifólias de várzea.

Em face da drenagem imperfeita da maioria desses solos, há limitações ao uso destes. Além disso, os problemas de salinização dos solos e as inundações periódicas que se verificam na área constituem-se, também, em problemas ambientais.

CAPÍTULO 4

Relação “clima-solo-planta” na Análise Integrada de Paisagens

Alineaura Florentino Silva
Lucivânio Jatobá



INTRODUÇÃO

O trinômio clima-solo-plantas é um dos aspectos mais relevantes na análise integrada de paisagens. São elementos inseparáveis. O clima exerce forte influência sobre a origem das formações superficiais, que, por sua vez, interfere no desenvolvimento e característica das formações vegetais. Essa interferência climática sobre o solo e as plantas é marcante e mostra-se diferenciada nas várias regiões do planeta.

Observam-se, também, condições climáticas diferentes entre os países e, dentro de cada país, entre suas regiões. Essas diferenciações de condições climáticas ambientais decorrem da atuação de fatores estáticos e dinâmicos sobre o andamento do tempo ao longo dos anos. No Brasil, essa situação é bastante peculiar em face de seu tamanho continental, determinando claras e significativas diferenças regionais tanto climáticas quanto fitogeográficas. A vegetação atinge um ápice que é condicionado por diferentes fatores e que geralmente é reconhecido como vegetação clímax. A vegetação clímax tem sido definida como uma consequência do clima regional (MAGNANINI, 1961)

No mundo, os diferentes tipos de clima são responsáveis pelas diversas formações vegetais conhecidas como Florestas Equatoriais, Florestas Tropicais, Estepes, Desertos, Floresta de Coníferas, Taiga etc. A presença dessas formações vegetais é resultado da ação do clima aliado ao material pedológico existente. A presença de vegetações cultivadas também depende dos dois elementos das paisagens naturais citados, somando-se ao manejo ofertado pelo homem.

Os tipos de vegetação e cultivos encontrados nas paisagens resultam dos elementos clima e solo, bem como da história de ocupação e de atividades econômicas do espaço natural pelo homem. Nos ambientes antropizados, o comportamento fitogeográfico, que apresenta influência direta do clima, não é levado em consideração na escolha da cultura a ser explorada comercialmente. Mesmo que as espécies nativas não sejam utilizadas como cultura comercial, determinados aspectos da fisiologia vegetal poderiam ser levados em conta para compreender aspectos climáticos disponíveis naquela determinada região e com isso aumentar as chances de sucesso nas atividades.

A Fitogeografia de cada região climática tem forte relação com o clima determinando a forma de crescimento das plantas. As exigências de cada planta cultivada precisam ser observadas para que a adaptação no ambiente escolhido possa ser adequada e permita resultados satisfatórios.

Galvão (1967) definiu e delimitou seis regiões bioclimáticas no Brasil, a partir do emprego dos seguintes critérios: duração e intensidade do período seco, valores característicos da temperatura e regime de chuvas.

É possível, também, estabelecer uma classificação das formações vegetais que se reveste de grande utilidade didática no processo ensino-aprendizagem, sobretudo de Geografia. Essa classificação, considerando-se os elementos clima e solo, agrega formações vegetais climáticas, edáficas e edafoclimáticas. Segundo Jatobá (2014), diferentes escalas geográficas podem ser identificadas na análise climática e dessa forma os climas são divididos em zonais, regionais, locais e microclimas, fato já assinalado pela Climatologia Dinâmica de Max Sorre.

Os principais elementos do clima exercem maior ou menor influência sobre os processos morfogenéticos e de pedogênese e, conseqüentemente, sobre as expressões dos vegetais ali localizados. As chuvas, por exemplo, determinam a natureza da erosão das encostas, sobretudo em paisagens semiáridas e úmidas, determinando, inclusive, o tipo de perfil que assumem as encostas.

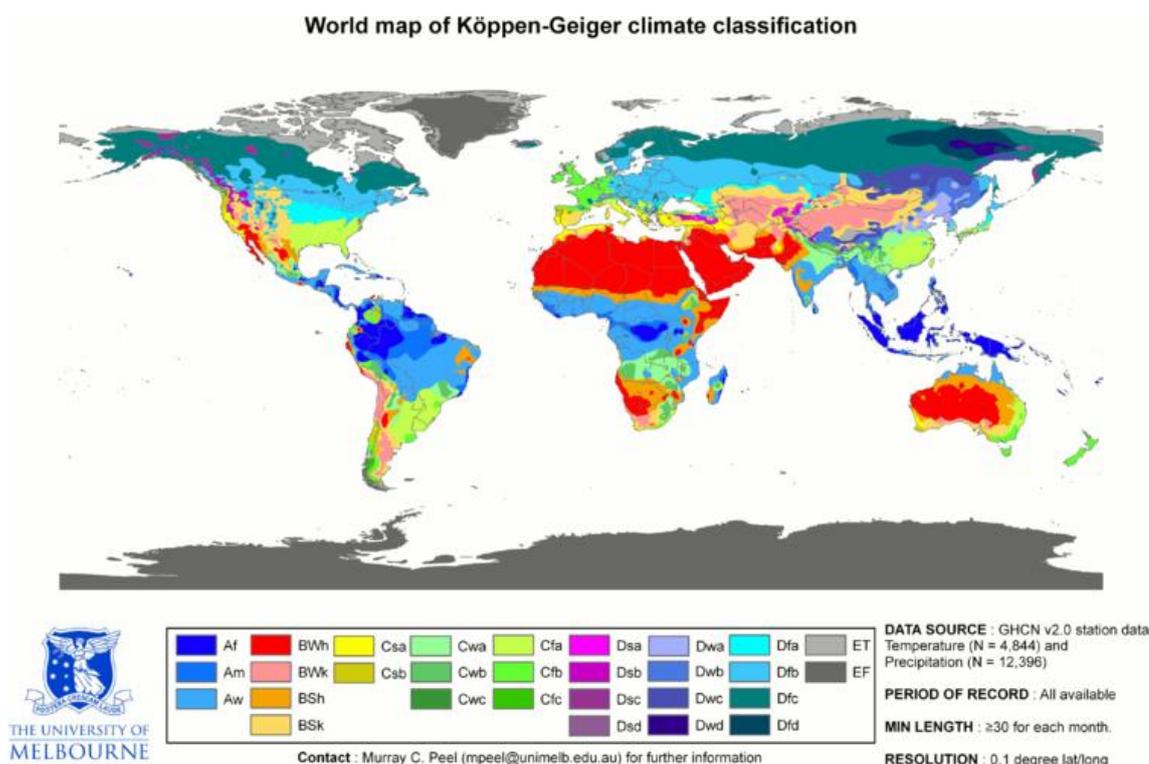
4.1 Relações entre a planta e a atmosfera

Atualmente, uma das melhores definições de clima, aceitas internacionalmente e utilizadas, inclusive, no processo ensino-aprendizagem, é aquela que foi enunciada por Sorre (1955). Segundo esse geógrafo, “clima é o resultado do andamento habitual do tempo sobre uma dada região ou localidade”. Essa definição opõe-se à que anteriormente, nas primeiras décadas do século XX, havia sido apresentada pelo meteorologista Julio Hann: “O clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera sobre uma região”.

Os climas são definidos por uma complexa interação entre as variáveis climáticas e os fatores ditos climáticos, que são de duas ordens distintas: fatores estáticos e fatores dinâmicos. As variáveis climáticas compreendem a temperatura do ar, a pressão atmosférica, a umidade atmosférica, a circulação atmosférica, as precipitações atmosféricas etc. Os fatores climáticos estáticos englobam o relevo terrestre (disposição do relevo, altitude), posição astronômica da localidade (distância latitudinal), cobertura vegetal, natureza do terreno etc. Os fatores climáticos dinâmicos são: as frentes frias, as correntes oceânicas, as anomalias térmicas da superfície marinha, os avanços dos centros de altas e baixas pressões, as massas de ar, entre outros.

São conhecidos no mundo diferentes tipos de climas com suas múltiplas características, decorrentes da interação elementos e fatores climáticos referidos. Por outro lado, existem diversas classificações climáticas, cada uma elaborada a partir da utilização de critérios particulares e com finalidades bem definidas. Uma dessas classificações, ainda utilizada mundialmente, é a de W. Köppen (Kooppen, 1948). Esse autor estruturou a classificação climática referida, tomando por base os valores médios da temperatura, da precipitação pluviométrica e associando zonas e tipos climáticos com as formações vegetais (Figura 32).

Figura 32. Mapa demonstrativo da classificação de Köppen no mundo



Fonte: PEEL et al., 2007

A classificação de Köppen é amplamente utilizada por apresentar, além de informações sobre temperatura, outros dados meteorológicos que caracterizam a paisagem estudada de forma clara e permite uma boa correlação entre solo e cobertura vegetal. A classificação de Köppen tem um significado abrangente e relaciona-se a diversos elementos importantes na análise climática global das paisagens, conforme apresenta Jatobá (2014), no capítulo sobre as condições climáticas, sendo devidamente consideradas alterações terminológicas apontadas por Gilberto Osório de Andrade e Rachel Caldas Lins:

- A – climas quentes;
 - B – climas secos;
 - C – climas mesotérmicos úmidos;
 - D – climas microtérmicos úmidos;
 - E – climas polares e de grandes altitudes.
- Um conjunto de símbolos e letras foi utilizado pelo autor para definir subtipos climáticos:
- S – estepe;
 - W – deserto;
 - a – temperatura do mês mais quente acima de 22° C (verão quente);
 - b – temperatura do mês mais quente inferior a 22° C (verão brando). Durante quatro meses, pelos menos, é superior a 10° C;
 - c – somente de 1 a 4 meses com mais de 10° C, o mês mais frio superior a -38° C;
 - d – temperatura do mês mais frio inferior a -38° C;
 - f – constantemente úmido (precipitações todos os meses);
 - h – quente, com temperatura anual superior a 18°C, mês mais quente superior a 18° C;
 - m – clima de floresta equatorial, embora com curta estação seca;
 - s – seca de verão (chuvas de inverno);
 - s' – chuvas de inverno antecipadas no outono;
 - w – seca no inverno (chuvas de verão);
 - w' – chuvas de verão retardadas para outono;
 - " – temporada de chuvas dividida em dois períodos, com uma temporada de seca intercalada.

Na grande maioria dos artigos científicos, essa classificação reúne boa parte das informações climáticas presentes no local pesquisado e algumas vezes, ao utilizá-la, os autores eximem-se de uma descrição mais complexa sobre as condições climáticas do local do trabalho. Esse aspecto torna-se prático para que possam ser comparados trabalhos com um mesmo assunto em regiões de climas diferentes, por exemplo, resposta da cultura manga ao uso de estimuladores de crescimento no Brasil e no México.

Apesar da praticidade do uso da classificação de Köppen nos trabalhos científicos de análise integrada de paisagens, é importante alertar para o exercício da descrição geográfica e climática dos ambientes, muitas vezes reduzido ou deixado em desuso pela praticidade dessa classificação. Podemos afirmar que nada substitui a caracterização climática bem feita de uma paisagem, com elementos mais diversos encontrados na observação dos ambientes, inclusive pautando as alterações que sejam vistas e nem sempre consideradas pela classificação em questão.

Os principais elementos do clima considerados na produção agrícola são a temperatura e a umidade relativa do ar (associada logicamente à precipitação). Cada um desses elementos interfere de forma isolada nos processos biológicos de plantas, animais e microorganismos que vivem em um bioma, porém uma maior influência é percebida quando dois ou mais desses elementos agem de forma conjunta, resultando em condições climáticas complexas ou mesmo divergentes das mais comumente encontradas. Nessas condições, qualquer espécie que seja investigada para fins de competição de variedades ou mesmo resposta a uso de insumos ou manejo tem maior representatividade quando testadas em condições naturais do que em condições artificiais, ambientes fechados, com menor nível de complexidade. A seguir serão comentadas situações de cada um dos elementos do clima e a influência dos mesmos sobre o crescimento e comportamento das plantas cultivadas. A relação entre esses elementos e as respostas da fitogeografia também será abordada como base de comparação entre a situação natural e a induzida por ação antrópica.

A importância da frequência e volume de precipitação na formação da vegetação, seja ela nativa ou exótica, é descrita em diversos trabalhos que tem como ponto de análise as taxas de crescimento num determinado espaço de tempo, conforme o volume de precipitação.

Andrade-Lima (1970) ao estudar a fitogeografia do estado de Pernambuco considerou que as formações florestais nesse estado se instalam na faixa de pluviosidade compreendida entre o máximo de 2316 mm anuais, em Barreiros-PE e o número de 720 mm por ano em Aliança, município da Mata Norte de Pernambuco. Contudo esse mesmo autor ressalta que:

Se é baixo esse valor último com o qual em outras regiões do estado só cresce vegetação do tipo caatinga, deve-se a uma boa distribuição das chuvas o ser possível cobertura florestal naquele e em outros municípios menos úmidos do norte do Estado. É o clima, com seu principal elemento umidade, o maior responsável pela diversidade da vegetação em Pernambuco (Andrade-Lima: 1970, p. 47).

4.1.1 A temperatura

A temperatura é uma das principais variáveis climáticas. Influencia diversos outros elementos do clima e as plantas. São expressivas as variações térmicas diárias e anuais quando se correlaciona quadro térmico de uma localidade com as faixas latitudinais. Nas regiões situadas, por exemplo, no Mundo Tropical (baixas latitudes), nota-se que a variação diária da temperatura é superior à variação anual, ou seja, a diferença verificada entre o mês mais quente e o mês mais frio. As regiões de latitudes médias, diferentemente do mundo tropical, possuem um regime térmico muito bem delineado, daí a ocorrência plena das estações do ano. Nestas, o verão e o inverno são muito diferentes quanto aos aspectos térmicos.

A representação cartográfica das temperaturas é feita mediante o uso das cartas com isotermas, que são linhas que unem pontos com a mesma temperatura de um período considerado.

Nas regiões de temperaturas mais altas, normalmente o número de culturas a serem recomendadas para plantio é bem menor do que nas regiões de clima mais ameno. Espécies como caqui, morango, pera, maçã, ameixa, agrião mostram-se adaptadas a locais de temperaturas mais baixas, tendo seu cultivo com pouca viabilidade em regiões nas quais as temperaturas mantêm-se acima de 25^oC na maior parte do ano, como ocorre em grande parte do Nordeste brasileiro, por exemplo. Apesar da exigência dessas espécies em frio, algumas pesquisas já apresentam resultados positivos para pera, caqui, pera e maçã no semiárido nordestino.

O uso de determinados indutores ou retardadores de crescimento, aliados aos fertilizantes e ao manejo de poda, são algumas das práticas testadas que têm alcançado resultados positivos nos últimos anos, nos trabalhos liderados pelo pesquisador Paulo Roberto Coelho Lopes (LOPES et al., 2012). Trabalhos como esse carregam alto grau de complexidade ao serem realizados em campo, diferente de laboratório, devido à grande dificuldade de isolar os elementos que interferem nos resultados a serem alcançados.

Normalmente são necessários muitos anos até que se consiga aliar as doses de fertilizantes e substâncias promotoras de crescimento (hormônios) ao manejo de poda e capinas, sejam elas mecânicas ou químicas para alcançar as produtividades que justifiquem a indicação do mês mas para determinada região.

As temperaturas próximas a 25^oC normalmente são bem aceitas pela maioria das espécies cultivadas, porém a temperatura constante nem sempre é suficiente para que algumas plantas completem seu ciclo. O alho (*Allium sativum* L.), por exemplo, possui necessidade de um gradiente térmico que pode variar de até 8^oC para completar seu ciclo produtivo, ou seja, para completa bulbificação (formação do bulbo ou cabeça) é necessário que a noite tenha temperaturas baixas, em torno de 8^oC. Diversos ensaios já foram conduzidos na tentativa de adequar o ciclo fenológico do alho, por exemplo, ao período do ano com gradiente

térmico que permitisse formação de cabeça, o que mantinha o preço dessa olerácea alto em parte do ano para muitas regiões brasileiras, em alguns anos necessitando-se de lançar mão da exportação.

Apesar da produção brasileira de alho ter aumentado nos últimos anos (2012 a 2016), a importação ainda é presente e com volume maior do que nacional, denotando dependência externa para a demanda nacional sobre esse produto, de alto valor econômico.

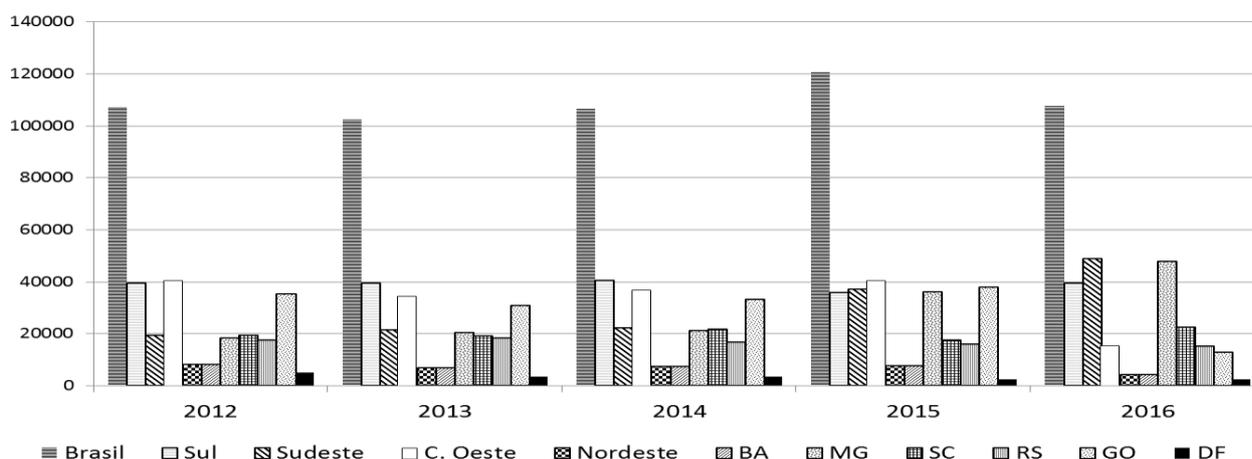
Diversos fatores, além da temperatura, podem estar contribuindo para o comportamento da produção de alho, no Brasil e nos demais países fornecedores. Dentre os principais fatores determinantes da situação do alho brasileiro, podem ser citados os impostos cobrados sobre produtos e serviços, o custo de produção, incluindo defensivos e mão de obra, etc.

Na China, por exemplo, o custo da mão de obra é sabidamente menor do que no Brasil e como a cultura do alho é altamente dependente de tratamentos manuais, tem-se como redução nos custos de produção e como consequência, entrada de um alho “mais barato” no Brasil. Em nosso país, o alto custo de alguns insumos e da mão de obra, principalmente após a disseminação de programas sociais que mantém parte dos trabalhadores sem grande interesse de ir ao campo, culturas como alho tem o custo de produção aumentado, valendo-se em alguns casos de tecnologias de ponta para sanar esse problema, sendo vista essa situação no Sul do país que ainda manteve uma taxa média de crescimento da cultura entre 2 e 4% (Figura 33).

Aliado incondicional das baixas temperaturas, principalmente quando produzido em grande escala, o alho tem na região Sul do país o maior produtor, entre as outras regiões, alcançando um volume de mais de 38mil toneladas, mais de 30% da produção nacional (Figura 33). O Centro Oeste permanece em segundo lugar no ranking nacional, tendo sido responsável por pouco mais de 33mil toneladas de alho em 2014. As condições climáticas nessas regiões, especificamente a temperatura, favorecem o cultivo, aliviando em parte as despesas com insumos e mão de obra presentes em todas as outras regiões brasileiras.

Para sanar a necessidade de frio de espécies que bulbificam, tem-se usado um procedimento conhecido como vernalização. Este processo consiste em manter os materiais vegetativos, bulbilhos, em refrigeração por período determinado, podendo variar entre 30 e 60 dias, em temperaturas oscilando entre 4 e 8°C. Nesse período ocorrem mudanças hormonais nos tecidos vegetais, como aumento de giberelinas e citocininas que são substâncias associadas a quebra de dormência, crescimento de gemas laterais e diferenciação de tecidos (Souza, 2009), permitindo que os bulbos alcancem o tamanho desejado comercialmente, em período de tempo adequado.

Figura 33. Produção Brasileira de alho (toneladas) entre os anos 2002 e 2016.



Fonte: Adaptado IBGE e Agriannual, 2016

Apesar de algumas espécies terem exigências climáticas devidamente conhecidas, muitas ainda são cultivadas sem o cuidado de observar a adaptação das mesmas aos ambientes.

Os zoneamentos climáticos estão disponíveis para diversas culturas e eles podem ajudar muito na escolha das melhores áreas para o cultivo das espécies escolhidas, adequando-as aos ambientes considerados próprios para a atividade agrícola mais rentável e sustentável ambientalmente. Pode-se ter como um bom exemplo o zoneamento elaborado por Maluf et al., (2011) para a cultura da mandioca, no Rio Grande do Sul, visando à produção de etanol. Impressiona o grau de detalhamento desse zoneamento para uma cultura com determinado fim, onde foram considerados, no caso, o regime térmico, a precipitação pluvial, as deficiências hídricas da região e os solos. A elaboração de um zoneamento climático para uma cultura é trabalhosa e lenta, mas ao final transmite mais segurança aos produtores que desejam investir fortemente em culturas consideradas rentáveis.

No zoneamento para mandioca no Rio Grande do Sul, realizado por Maluf et al. (2011), foram abordados aspectos da temperatura do solo, tendo em vista ser uma região que apresenta períodos frios, quando a velocidade de crescimento de algumas plantas é retardada e partes vegetativas entram num estado de dormência. Outros autores como BERGAMASCHI e GUADAGNIN (1993) acrescentaram que para a mandioca, além do processo de germinação, de enraizamento e brotação, a temperatura do solo é importante na absorção de água do solo pelas raízes, na atividade de microrganismos, na difusão de solutos e gases, no desenvolvimento de moléstias e na velocidade das reações químicas.

Em outras culturas também é marcante a influência da temperatura do solo, sendo alvo de estudo de diversos autores como MATZENUER et. al. (1983, 1987) que identificaram ausência de emergência das plântulas de milho e soja com temperatura do solo a 5 cm de profundidade inferior a 16 °C e superior a 31 °C. Fica claro que as temperaturas extremas, principalmente no solo, tornam-se complicador para germinação, brotação e crescimento das plantas de um modo geral.

É bom lembrar que...

Além da temperatura do ar, torna-se necessário dar atenção também à temperatura do solo, normalmente desconsiderada nas análises climáticas dos ambientes para agricultura.

Nas regiões em que as temperaturas elevadas são constantes, como no semiárido brasileiro, uma preocupação deve ser o cultivo de espécies que permanecem no solo nos períodos mais críticos do ano, como a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Cranz). Na região semiárida, apesar dessa espécie ser plantada no período de chuvas (entre novembro e fevereiro), as temperaturas altas do período seguinte (entre setembro e dezembro) podem proporcionar temperaturas do solo acima de 48°C, o que pode ocasionar problemas na absorção de nutrientes e até mesmo morte de raízes localizadas nas camadas mais superficiais do solo (informações do autor). Espécies consideradas perenes como a pornunça (híbrido natural entre mandioca e maniçoba) têm seu crescimento muito reduzido nos períodos de escassez de água aliado a altas temperaturas e a proximidade da caatinga nativa (Figura 34) pode intensificar o dano às raízes, por conta da competição das espécies ali presentes, normalmente mais tolerantes a seca do que a pornunça.

A temperatura terá maior influência em determinados tipos de solo e manejos. Solos de textura mais arenosa reduzirão o conteúdo de água com mais facilidade do que os argilosos e com isso poderão oferecer as raízes temperaturas mais altas, principalmente se houver inexistência de cobertura morta. A presença cobertura morta sobre o solo permite a redução drástica da temperatura do mesmo permitindo melhores condições para o crescimento das raízes das plantas, dentre outros benefícios muito estudados até hoje para várias espécies.

Figura 34. Plantio de pornunça próximo à mata nativa (Caatinga). Petrolina-PE, 2013.



Foto: Alineaurea Florentino Silva.

4.1.2 Umidade Atmosférica

A umidade atmosférica pode ser entendida como a quantidade de vapor d'água contida no ar atmosférico. Ela está fortemente associada aos avanços e recuos de massas de ar, frentes ou outros fenômenos meteorológicos.

A quantidade de vapor d'água sobre uma paisagem varia no tempo e nos planos horizontal e vertical. Uma das maneiras que são utilizadas para se saber a quantidade de vapor d'água no ar num determinado tempo é através da umidade relativa do ar. Esse índice corresponde ao quociente entre a quantidade de vapor d'água na atmosfera, num determinado momento, e a máxima quantidade que poderia conter. A umidade relativa é representada em percentual, por exemplo, 45%, 85% etc. O ar está saturado de umidade quando a umidade relativa (UR) atinge 100%

Há uma estreita relação entre umidade do ar e temperatura do ar. A umidade modifica-se com a temperatura do ar. O ponto de orvalho representa a temperatura na qual o ar se resfria para que ocorra a condensação do ar, após a saturação de umidade.

A umidade relativa do ar tem grande influência sobre o tempo, sendo um grande indicador de possibilidade de precipitação, chuva, orvalho ou nevoeiro (Enciclopédia Britânica, 2014). Por outro lado, autores como Lins e Jatobá (2012) enfatizam a pressão atmosférica como elemento do clima que corresponde ao peso do ar atmosférico e área e pode reduzir a própria umidade relativa do ar caso, por exemplo, uma massa de ar seco avance sobre parte do território, aumentando a pressão atmosférica e reduzindo a umidade relativa.

A umidade relativa do ar é a grande responsável pela sensação térmica nos seres humanos, seja onde a temperatura é alta e notadamente sente-se mais calor com uma alta umidade relativa, seja em temperaturas baixas, quando a baixa umidade relativa do ar permite uma sensação térmica maior de frio, como nos desertos e regiões semiáridas.

Para as plantas, a umidade relativa do ar pode ser a grande vilã quando entram em campo espécies cultivadas susceptíveis a patógenos como fungos e bactérias. A incidência de alguns fungos pode até inviabilizar o cultivo de algumas espécies ou variedades mais susceptíveis, como ocorre em certas variedades de videira, em regiões onde em parte do ano a umidade relativa do ar insiste em permanecer alta. A umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cultura da videira determina aspectos fisiológicos, além da ocorrência de doenças fúngicas

e bacterianas. É o que contextualizam Teixeira et al. (2010), quando citam que valores mais elevados de umidade relativa do ar (%) proporcionam desenvolvimento de ramos mais vigorosos, aceleram a emissão das folhas e favorecem uma maior longevidade. Porém, os mesmos autores detectaram que, quando associada às temperaturas elevadas, a alta umidade relativa do ar torna a incidência de doenças fúngicas e bacterianas mais intensa. Essa umidade relativa do ar pode ainda ter uma forte alteração artificial, pelo menos internamente no pomar, quando utilizando-se irrigação, seja ela micro ou aspersão convencional.

A umidade pode ser tratada sob diversos prismas, dependendo da formação profissional do pesquisador. Para as ciências ambientais e agrárias, a umidade do ar é responsável pela maior parte do sucesso de uma cultura ou da estruturação de uma mata nativa. Nesse caso, pode-se entender umidade desde a umidade relativa do ar, medida através dos higrógrafos e umidade do solo, avaliada por diversos métodos, até umidade das sementes, estimada em estufas controladas e com circulação de ar ou por métodos alternativos.

A umidade oferecida às plantas pode ser proveniente diretamente da precipitação pluvial ou de sistemas de irrigação artificiais instalados, quando as condições naturais não permitirem o crescimento e produção das espécies de plantas cultivadas, dependendo de chuva. A água a ser adicionada ao solo, no caso de irrigação, depende de diversos elementos, como coeficiente da cultura, estágio de crescimento da planta, textura do solo e consequentemente sua capacidade de retenção de umidade, dentre outros fatores.

Apenas algumas iniciativas foram identificadas no sentido de proporcionar ambiente natural com melhor umidade do solo, no bioma Caatinga. Nesse caso, a sensibilidade do produtor foi suficiente para compreender os serviços ambientais e ecológicos que esse ambiente proporcionaria para a cultura principal, estimulando-o assim a manutenção de elementos biológicos essenciais, como inimigos naturais, polinizadores e outros organismos importantes para áreas produtivas.

Enquanto a temperatura tem forte influência sobre os processos fisiológicos das plantas, interferindo nas trocas gasosas, absorção de nutrientes pelas raízes, metabolismo de bulbificação e diferenciação de tecidos, a umidade relativa do ar pode ter influência maior em processos relacionados às atividades externas da planta, com microorganismos, epífitas e simbiontes. Essas características são interligadas, por isso é importante compreender cada uma delas, sem, contudo perder de vista o contexto específico onde ela se encontra.

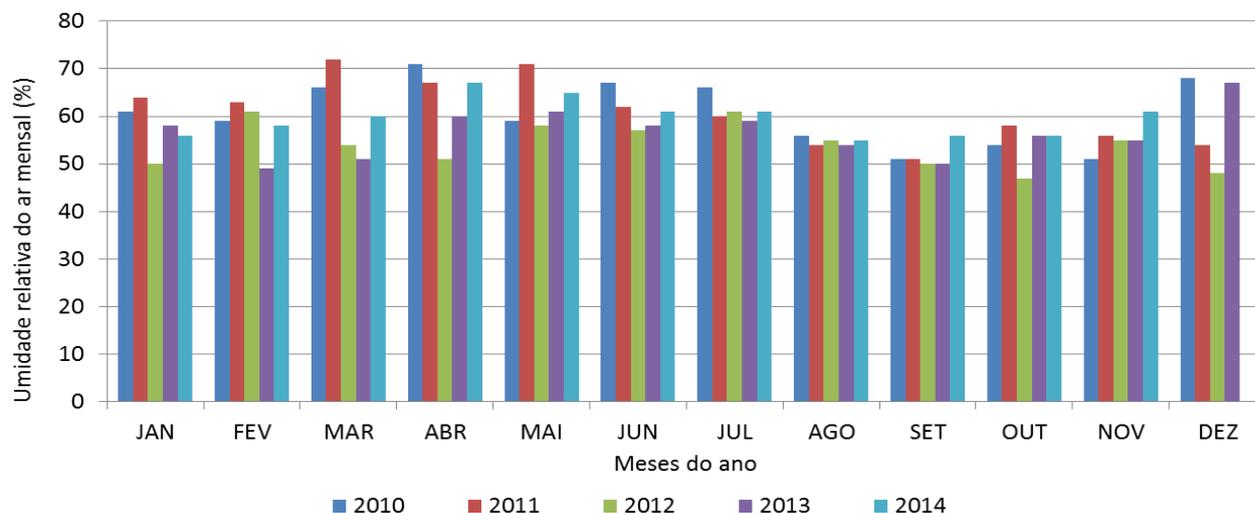
A alta umidade relativa do ar em determinadas regiões é um fator determinante para a escolha da cultura a ser plantada na zona rural ou do manejo necessário para a sanidade vegetal e resultados econômicos positivos. Para algumas espécies simplesmente determina o volume de defensivos a serem adquiridos, mesmo antes do plantio. Alguns produtores costumam comentar que “compramos as sementes e os defensivos juntos...”. Esse modelo de produção ocorre em detrimento da incidência de certos patógenos, frequentemente observados em períodos mais úmidos, nos quais a condição climática relacionada à umidade relativa do ar permite a multiplicação de fungos e bactérias. No Vale do São Francisco, no Nordeste brasileiro, apesar da umidade relativa do ar permanecer em níveis mediana a baixa, durante quase todo o ano, observam-se alterações que nem sempre resultam em precipitações. Outras forças certamente estão impedindo essa dádiva de se precipitar, que é a água vinda dos sistemas de nuvens.

Dados de umidade relativa do ar coletados ao longo de cinco anos, na estação Meteorológica do Bebedouro, Petrolina-PE, representados na Figura 35, mostram que a umidade do ar apresenta uma curva ao longo do ano. Neste caso, a UR média (%) mantém-se mais alta entre os meses de março, abril e maio, quando há invasões de sistemas atmosféricos equatoriais, período onde certamente as aplicações de defensivos são normalmente maiores, assim como em dezembro, quando a ocorrência de algumas chuvas pontuais eleva a umidade relativa (%), obrigando ao agricultor convencional utilizar defensivos no plantio, evitando perdas e prejuízos catastróficos, já vistos no passado.

Por outro lado, a umidade relativa mínima nessa região encontra-se entre os meses de agosto, setembro, outubro e novembro (Figura 35). Os valores apresentados na referida figura,

entre 48 e 55% são apenas as médias diárias, mas nesses meses a umidade relativa (%) mínima pode chegar a pouco mais de 20%, algo considerado insalubre para seres humanos e que pode interferir na fisiologia das plantas, principalmente nas trocas gasosas das espécies de folha larga.

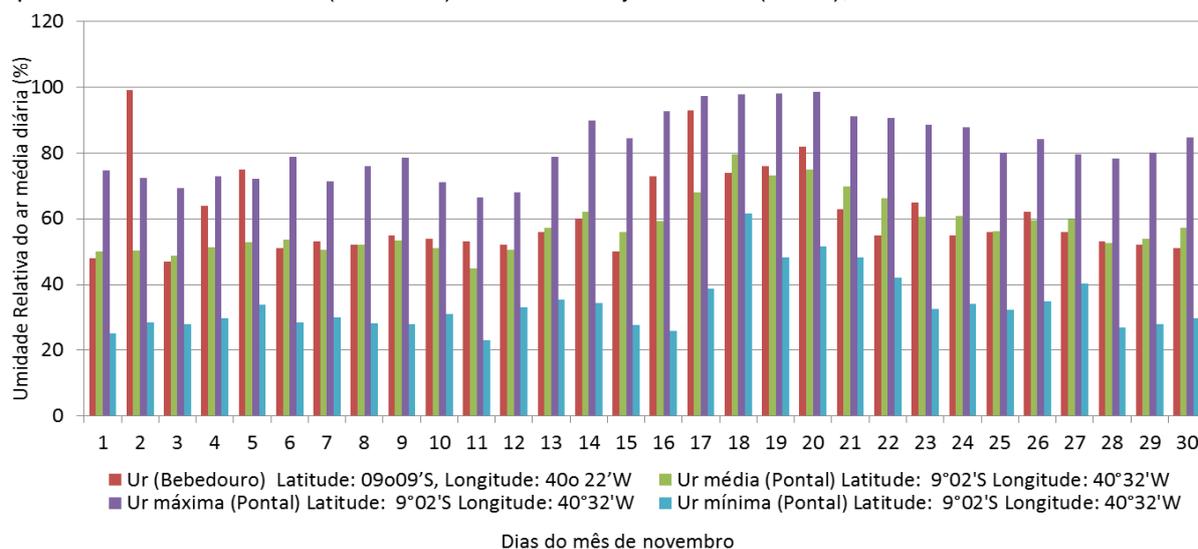
Figura 35. Umidade relativa média mensal (%) na Estação Agrometeorológica do Bebedouro, durante os anos de 2011, 2012 e 2013. (Petrolina-PE 09°09'S 40°22'W).



Fonte: Embrapa Semiárido (2014).

Pequenas variações ao longo do ano podem ocorrer a distâncias de quilômetros, dependendo da vegetação existente e conseqüentemente da forma como se encontra o solo nesse local. Essa situação pode ser exemplificada como no gráfico a seguir (Figura 6) no qual está detalhada a umidade relativa média ao longo do mês de novembro em duas localidades próximas a Embrapa Petrolina. Uma dessas estações está montada no campo experimental do Bebedouro (09° 09' S, 40° 22' W) e o outro no Pontal (09° 02' S, 40° 32' W). A localização de cada uma dessas áreas também está indicada no gráfico, e nota-se que apesar de ambas pertencerem ao município de Petrolina, a estação de Bebedouro apresenta ao longo do mês umidade relativa média (%) discretamente acima dos valores do Pontal.

Figura 36. Umidade relativa média diária ao longo do mês de novembro de 2014, na Estação Experimental do Bebedouro (vermelho) e área do Projeto Pontal (verde), Petrolina-PE.



Fonte: Embrapa Semiárido (2014).

Esse fato pode ter várias explicações, porém o que chama atenção é a proximidade das margens do rio e a presença de plantios irrigados no Bebedouro, algo que não ocorre na área do Pontal e pode explicar, pelo menos em parte, o presente comportamento da umidade relativa (%) média ao longo do mês de novembro. Certamente, essa umidade relativa mais alta tem influência dos diversos sistemas de irrigação montados na área da estação experimental do Bebedouro, alterando o comportamento natural dessa característica e criando ambientes em muitos casos propícios ao desenvolvimento de patógenos para as plantas.

A umidade do solo é outra forma de disponibilidade hídrica que influencia muito o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A umidade do solo é uma característica altamente variável no tempo e no espaço, assim como na profundidade do mesmo. Diversos métodos são utilizados para quantificar o teor de água no solo, sejam métodos que utilizem amostras naturais ou deformadas em laboratório. Cada um dos métodos de estimar a umidade do solo possui melhor validade principalmente quando acompanha essa informação em um determinado local de forma contínua, apresentando resultados comparativos, mais confiáveis do que dados pontuais. Outra variação importante ocorre entre os diversos tipos de solos, principalmente quando se pretende estimar a capacidade de retenção de umidade, onde os métodos para esse fim podem apresentar resultados contrastantes e por isso exigem estudos mais aprimorados e específicos quando são envolvidos solos de diferentes origens (PREVEDELLO, 1999).

A umidade do solo tem o poder de determinar o sucesso e a produtividade de um cultivo, mais até do que a própria umidade relativa do ar. Algumas espécies desenvolveram e mantiveram, ao longo do seu melhoramento para tornarem-se plantas cultivadas, determinadas características de tolerância ao déficit hídrico, permitindo-se crescimento em locais onde a umidade artificial por meio da irrigação é algo efêmero ou impossível. Um exemplo desse tipo de planta é a mandioca (*Manihot esculenta* Cranz), que apresenta grande tolerância a déficit hídrico, proveniente de mecanismos com fechamento de estômatos durante o dia ou acúmulo de reservas na raiz, para uso nos períodos de maior escassez hídrica (ALVES, 2006).

Em investigações realizadas por Alves (2006) foi ainda identificado que o período de maior sensibilidade dessa planta a escassez hídrica fica entre 1 e 5 meses após o plantio, quando é preponderante o acesso a água, mesmo que em pequenas quantidades. O fechamento dos estômatos, estrutura foliar com alta sensibilidade às condições hídricas da planta e da atmosfera, ocorre quando o potencial hídrico da folha decresce e o déficit da pressão de vapor entre a folha e o ar aumenta, normalmente quando da redução da umidade relativa do ar (Alves, 2006). Nesse ponto observamos grande relação entre a umidade do solo, umidade da planta e umidade relativa do ar, em três pontos distintos, agindo numa sincronia perfeita, numa busca lenta, porém eficiente, pela sobrevivência desse ser vivo vegetal (mandioca) submetido ao estresse hídrico.

Parte desse comportamento das plantas, não apenas da mandioca, tem forte ligação com outra característica da qual poderemos tentar compreender e lançar mão nas análises dos diferentes ambientes e condições climáticas, o albedo, sobre o qual estaremos discorrendo alguns detalhes a seguir.

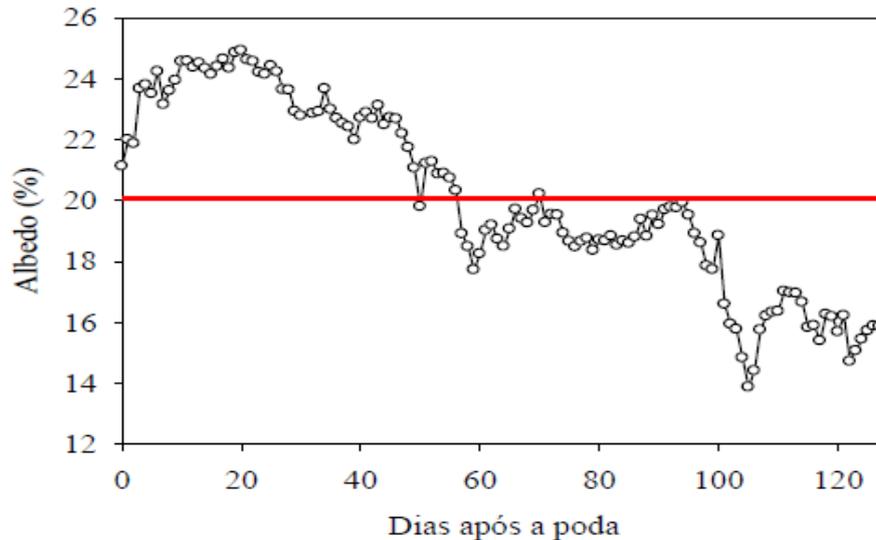
4.13. Albedo

Albedo é o coeficiente de reflexão de uma superfície. O valor do albedo varia entre 0 (zero) e 100, de acordo com características ópticas da superfície (SCHÖFFEL e VOLPE, 2000). É o poder refletor da radiação de ondas curtas que é emitida pelo Sol. As águas, oceanos, por exemplo, têm albedo em torno de 5% e as florestas, entre 10 e 15%, enquanto que espécies cultivadas tem albedo mais elevado (aproximadamente 20%). A neve e a areia no deserto tem os maiores albedos (entre 40 e 90%). No caso das culturas, observa-se que quanto maior a cobertura vegetal da superfície menor é o albedo, podendo ocorrer essa variação em uma mesma espécie nas diversas fases do seu ciclo fenológico.

A observação atenta da Figura 37 permite compreender as relações do albedo com as propriedades óticas da superfície, o que agrega potencial de alterações na energia disponível

aos processos físicos e fisiológicos da superfície (Rodrigues et al., 2012), partindo de uma espécie vegetal e voltando para essa e outras que estejam no mesmo local ou próximos a ela. As diversas formas de vegetação podem alterar sobremaneira o albedo e com isso o potencial de evaporação de água do solo, influenciado pela radiação solar, sofre profundas mudanças, desencadeando reações diversas na fitogeografia local e regional. Esse albedo diferencial tem dupla ação, tanto sendo influenciado pelas condições edafoclimáticas como interferindo no andamento do ambiente e condições climáticas, principalmente se considerarmos o microclima.

Figura 37. Valores médios diários de albedo da videira Syrah no Submédio Vale do São Francisco em função dos dias após a poda. Onde a linha vermelha indica o albedo médio diário durante o ciclo.



Fonte: Rodrigues et al., (2012).

A variação do albedo tem ainda mais consequências nas regiões de climas quentes, no semiárido, por exemplo, onde a radiação e a temperatura algumas vezes impedem o crescimento de plantas de cobertura que protegem o solo. A manutenção de um albedo de menores valores, seja com cobertura morta (*munch* ou serrapilheira) ou viva (cultivos intercalares), poderá favorecer enormemente a vegetação existente, seja cultivada ou mata nativa. Um solo protegido, cada vez mais vivo, e disponível para o crescimento das raízes torna-se frágil com albedo que não proporciona essa vitalidade. É fundamental, portanto, que o manejo seja adequado para que as medidas tomadas proporcionem manutenção de albedo cada vez menor, conservando maior umidade natural e diversidade de organismos que favoreçam um sistema mais saudável.

4.2. RELAÇÕES SOLO-ATMOSFERA PRESENTES NA PAISAGEM

O clima é, dos cinco fatores de formação, o que mais exerce influência sobre a gênese, o comportamento e a caracterização dos solos verificados nas diversas paisagens (Figura 38). A temperatura e a umidade relativa do ar são dois dos mais importantes elementos que podem influenciar na formação do solo. Não deve-se omitir a grande responsabilidade do material de origem sobre as características atuais dos solos, porém em condições semelhantes não é de se admirar que possam coexistir solos totalmente diversos em consequência apenas das variações pluviométricas, levando aos solos apresentarem-se mais lixiviados ou pobres em fertilidade, caso sejam registrados excesso de água no mesmo (Figura 39). Em países de clima tropical são frequentes os solos com maior profundidade, muito intemperizados, lavados, bastante desenvolvidos, típicos de locais com altos índices pluviométricos e temperaturas altas. Por outro lado, em locais de temperatura alta, sem ocorrência de chuvas, ou muito frio, os

solos são normalmente pouco desenvolvidos, incipientes, rasos e em alguns casos até com o afloramento de rochas na superfície (semiárido). Essa constatação é visível quando percebe-se a delimitação de áreas para cultivos nos diferentes países, onde são localizadas os espaços para as diferentes espécies vegetais, assim como observamos a vegetação nativa nas diversas regiões, adequando-se aos diferentes sistemas climáticos existentes.

O solo ocupa um lugar de destaque na parte superficial das paisagens, visto que é composto de substâncias muitas vezes ricas para a cobertura vegetal e principalmente para o cultivo de plantas extremamente necessário à sobrevivência humana. O balanço hídrico a ser considerado em determinadas áreas de vegetação nativa ou cultivo leva em consideração a água existente no solo e na planta, trazendo destaque para a capacidade de retenção de umidade de cada tipo de solo. Antes de compreender as interfaces desse balanço hídrico citado, considerando as relações solo-atmosfera, faz-se necessário analisar as faces presentes nos diferentes tipos de solos, buscando compreender a dinâmica hídrica no solo que exerce grande influência nas atividades fisiológicas das plantas que neste solo estão desenvolvidas.

Figura 38. Fatores de formação do solo.



O balanço hídrico a ser realizado em determinadas áreas do planeta vai depender da cultura de interesse e do nível de economia de água que pretende se fazer a partir do manejo adequado do solo e possivelmente da vegetação. Cada solo favorece um excedente ou déficit hídrico em determinado período, dependendo da vegetação existente e do regime pluviométrico existente. Lucas et al. (2015), por exemplo, dimensionaram os excedentes hídricos em diferentes solos e épocas de semeadura do girassol. Tais autores constataram que a limitação do cultivo do girassol naquela região está relacionada pela ocorrência de excedentes hídricos e que isso varia conforme a época de semeadura e o tipo de solo. Cada solo responde de maneira diferente a presença de água e esses autores perceberam isso para o girassol, podendo ser verificado em diversas outras espécies cultivadas.

A observação dos diferentes tipos de solo, bem como a vegetação existente no local permite compreender cada vez mais as influências que podem ser exercidas pelo clima, em determinados espaços geográficos. A manutenção da vida no planeta depende muito das condições de clima e de solo, mesmo que no dia a dia essa influência não se faça visível. Determinados países possuem uma dieta alimentar muito mais rica do que outros dependendo dos tipos de solo existente no local. Por outro lado não se pode esquecer o que ocorre quando não se compreende o contexto climático que produz os melhores resultados em determinada região. Associando-se os dois fatores é possível inferir de forma positiva no contexto produtivo

em questão ou mesmo preservar as áreas nativas, se o clima for favorável ao desaparecimento da mesma, como no caso do semiárido seco.

Figura 39. Ilustração de exemplos de solos nas regiões áridas e tropicais.

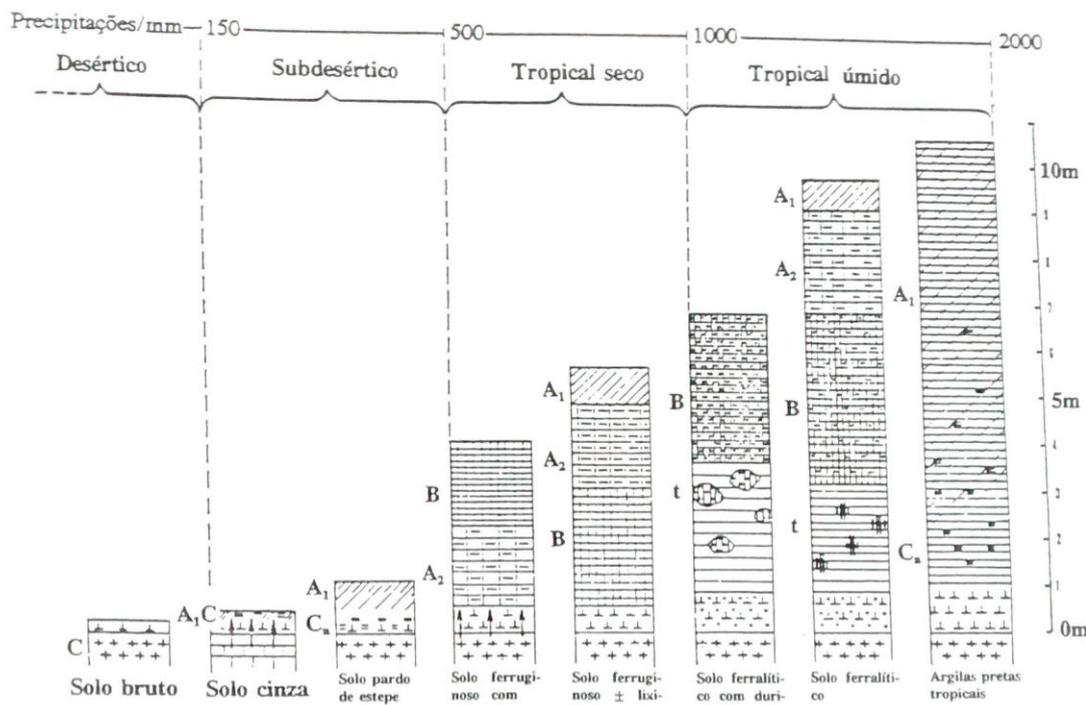


Fig. 9-16. Zonação geográfico-climática dos principais solos africanos entre as regiões áridas do Saara e as tropicais (segundo Lacoste & Salanon, 1973).

Fonte: Lacoste & Salanon (1973) In: Bigarella, 1996

4.2.1 Conceito de solos

O solo é objeto de estudo de diversas geociências, tais como a Geologia, a Engenharia de Minas, a Agronomia e a Geomorfologia. Cada uma dessas ciências concebe diferentemente o solo. A Geologia e a Engenharia de Minas consideram-no como a área alterada (formações superficiais) que reveste a rocha inalterada, confundindo-o, portanto, com manto de intemperismo ou regolito. A Agronomia define-o como sendo o espaço formado por orgânicos e minerais, de elementos sólidos, líquidos e gasosos que servem para suporte e crescimento das plantas. A Geomorfologia e a Geografia concebem-no como o estágio final da decomposição do material rochoso onde se instalam os vegetais. Os pedólogos, por sua vez, mais especializados no trabalho de classificação do solo, o definem de forma mais complexa, adotando termos que são usuais na classificação do mesmo, objeto maior de trabalho desses profissionais:

Com a palavra a Embrapa:

“O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.” (Embrapa, 2013)

Do ponto de vista do agricultor, o solo é o local onde deposita as sementes para produzir suas safras (Worthen, 1949), para um ecólogo o solo é um dos componentes do sistema que o mesmo estuda, enquanto que para um químico é um laboratório onde realizam-se as reações entre as fases sólida, líquida e gasosa, já para um antropólogo o solo pode ser visto como um registro do passado. Diante das diferentes forma de conceber o solo e suas funções pode-se inferir tamanha a importância que o mesmo possui na vida da terra, principalmente na atualidade, onde são previstas as grandes interpelações entre as ciências.

A intensidade dos processos de decomposição do material rochoso que irá formar os solos depende fortemente das condições climáticas ambientais que reinam sobre as paisagens, tais como a umidade do ar, temperatura, o grau de aeração, condições químicas da litomassa entre outros fatores.

As paisagens apresentam, em geral, um mosaico de solos, com características que os individualizam nas unidades de paisagem analisadas anteriormente. Esse mosaico denuncia as interferências do material de origem (corpos rochosos alterados), do relevo e do clima. Esse fato impõe a necessidade de classificar os solos nos quais se instalam as formações vegetais e as plantas cultivadas, uma tarefa de expressiva complexidade e levada a efeito pelos agrônomos e pedólogos.

Existem diversas classificações para os solos, o que permite a geração da nomenclatura diversificada que é utilizada para os mesmos em todo o mundo. Os pedólogos brasileiros atualizaram várias vezes essas classificações, tornando mais prática a definição dos diferentes tipos de solos, levando em conta suas características mais visíveis e palpáveis. A última delas forneceu aos acadêmicos e profissionais das áreas relacionadas às ciências da terra um amplo e detalhado material contendo elementos suficientes para compreender plenamente a nomenclatura utilizada atualmente (Embrapa, 2013), porém percebe-se que a exímia destreza com que foi escrita essa classificação não permite muitas vezes observar a dinâmica existente nos solos, aparentemente tão estáticos para nossos dias.

Classificações anteriores dão uma visão mais ampla do solo e complementam as diversas formas de visualizar esse universo. Quanto à origem, por exemplo, os solos podem ser classificados em eluviais e aluviais (Figura 40). Os solos **eluviais** se formam por rochas encontradas no mesmo local de sua formação, ou seja, quando a rocha que se decompôs e se alterou para a formação do solo se encontra no mesmo local do solo. Por outro lado, os solos classificados como **aluviais** são formados por rochas localizadas em outros lugares e que graças à ação das águas e dos ventos os sedimentos foram transportados para outro local.

Além da origem, o próprio local de origem ou influência externa (considerado por muitos autores) exerce forte influência sobre os tipos de solos, classificando-os como zonais, azonais, intrazonais. Cada um apresenta características importantes e nem sempre apenas relacionadas apenas aos cinco consolidados fatores de formação (clima, relevo, material de origem, organismos e tempo). Nessa amplitude de apresentação, azonais, intrazonais e zonais, cada solo pode ter profundidades absolutamente independentes da rocha que lhe deu origem e requer um cuidado muito maior ao estimar práticas que levem em consideração essa importante característica. Quanto a essa influência externa ou local de origem pode-se definir alguns tipos de solos, como a seguir, muito bem explicado também por SCHAETZL e ANDERSON (2005) e JENNY (1994):

Zonais: formados no próprio local de origem, normalmente maduros, bem delineados e profundos. São subdivididos em Latossolos, Argissolos, Solos de pradarias e solos desérticos, como exemplos. São solos que refletem determinadas faixas de climas zonais e regionais, ficando patente a relação entre as condições climáticas e a pedogênese.

- Latossolos: em geral são solos pouco férteis, presentes em geral tanto em ambientes com climas quentes e úmidos, como frios, com profundidades superiores a 2m;
- Argissolos: também férteis, graças ao material de origem, húmus e matéria orgânica, presentes em regiões de climas frios e temperados, porém também presentes em regiões de climas quentes e secos. Possuem características peculiares, como horizonte B textural, algumas vezes confundido com movimentação de solo de outras áreas.

- Solos de pradarias: ricos em cálcio e matéria orgânica, muito férteis. Comumente presentes em regiões subúmidas de clima temperados;
- Desérticos: pouco profundos e pouco férteis. Próprio de regiões desérticas.

Intrazonais: são solos bem desenvolvidos, além de serem bastante influenciados pelo local e pelos fatores externos. Podem ser solos salinos e solos hidromórficos.

- Solos Salinos: conhecidos como solos halomórficos, apresentam alto índice de sais solúveis, próprios de regiões áridas e próximas ao mar. Possui uma baixa fertilidade, apesar dos altos teores de alguns sais;

- Solos hidromórficos (normalmente gleissolos): localizados próximos a rios e lagos, apresentam grande umidade. Sua fertilidade depende do índice de umidade, quanto mais úmidos, menos férteis.

Azonais: normalmente pouco desenvolvidos e rasos. Dividem-se em solos aluviais e litossolos, atualmente conhecidos como Neossolos pela característica de serem solos mais jovens se observarmos o processo de intemperismo isoladamente. Apresentam-se como solos formados pelo transporte de outros materiais em períodos remotos, como apresentado na Figura 38.

- Solos aluviais: presentes em áreas de formação recente em planícies úmidas. Quando os seus sedimentos são transportados, formam um solo de coloração amarela, denominado loess.

- Litossolos (Neossolos): presentes em locais com declives acentuados, costumam estar posicionados diretamente sobre a rocha formadora. São solos de baixíssima fertilidade.

Figura 40. Exemplo de solo formado por transporte. Local: Trecho da Rodovia BR 101, entre Recife-PE e João Pessoa-PB.



Foto do autor. Novembro 2014.

A classificação mencionada é apenas um exemplo de como podem ser adequadas as características de cada solo ao seu local de origem ou transporte. Na própria Figura 40 pode-se inferir que o solo presente tem perfis diferenciados e pode ser caracterizado de diversas maneiras, pelo pedólogo observador do caráter do perfil em si. Porém se observarmos de forma ampla e do lado de fora da própria trincheira certamente poderemos perceber uma situação onde a geomorfologia certamente se sobrepôs a pedologia e conferiu ao presente solo uma condição diferenciada. Esse aspecto dinâmico imposto ao ambiente desencadeou diversas modificações edáficas que podem até confundir os profissionais de classificação de solos, pois poderão deixar de considerar esse aspecto físico do espaço. O mais agravante para esse tipo de situação é que algumas tomadas de decisão levam em considerações aspectos

pontuais, incorrendo em equívocos no investimento que será ali realizado, seja na construção civil, seja numa atividade agrícola ou agropecuária.

É bastante comum imaginarmos determinado tipo de solo ocorrendo em um clima indicado. Esse aspecto sugere que a própria vegetação também adequa-se a essa condição, permanecendo estática ao longo dos anos, alheia aos outros fatores de formação. Essa forma de imaginarmos o ambiente não condiz com a realidade de cada local, onde a própria temperatura ou variação da mesma vai proporcionar uma situação favorável a uma fitogeografia, diferente de outra e diferente dela mesma ao longo do tempo. Com as variações climáticas vividas desde as eras pré-históricas, muitos exemplares de vegetais desapareceram e outros surgiram, em detrimento das condições edáficas. A temperatura do ar, por exemplo pode causar transtornos na fisiologia vegetal, porém não tão expressivas quanto a temperatura do solo, onde as raízes precisariam de um gradiente térmico adequado as funções que desenvolve, trocas de solutos, liberação de substâncias, etc.

Por outro lado, mesmo se a temperatura parecer acima do normal ou desagradável a nossa forma de vida humana, existe certa resiliência nas plantas capaz de permitir o crescimento e desenvolvimento das mesmas, independente da variação da temperatura, se a condição hídrica mínima estiver presente. Nesse caso o déficit hídrico é o que iria determinar o crescimento ou não das plantas, condição que pode ser exemplificada perfeitamente no Vale do São Francisco, onde a agricultura irrigada ocupa seu espaço, mesmo com uma temperatura média ultrapassando 27°C. Obviamente, determinados tipos de plantas têm dificuldade em desenvolver-se nessa condição, por isso lança-se mão dos grandes estudos disponíveis sobre adequação de espécies e determinados tipos de clima, os chamados zoneamentos agroclimáticos. Munidos de uma grande riqueza de detalhes sobre a cultura e a região mais adequada a receber aquela determinada espécie como cultivo econômico, os zoneamentos são instrumentos importantes utilizados até pelas agências de financiamento, na escolha das espécies a serem cultivadas em determinada área e para liberação dos recursos solicitados, no caso de financiamento bancário. É muito complicado conseguir financiamento bancário para uma cultura sem que tenha sido elaborado o zoneamento agroclimático para a mesma, porém sabe-se que as variações que podem existir ao longo do ano, poderão por em risco a atividade, como uma mudança brusca de temperatura ou mesmo uma chuva inesperada que eleve exageradamente a umidade do solo. Por isso são considerados os riscos climáticos que diferem para cada cultura, dependendo da resiliência da mesma e da capacidade de restauração da área de plantio caso ocorram algumas dessas intempéries.

Apesar de existirem todas essas características para determinar o tipo de solo e sua nomenclatura, é muito importante atentar para os aspectos relacionados acima, onde cada um pode interferir isoladamente ou em conjunto com os outros sobre o comportamento da vegetação e do próprio solo. Se não forem levados em consideração essa interação é provável que sejam tomadas decisões equivocadas, passíveis ou não de restauração.

Se reunirmos as características ou esses atributos diagnósticos em uma caracterização de área para quaisquer das finalidades é importante que sejam levadas em consideração os fatores de formação citados anteriormente. As alterações climáticas certamente podem impor reflexos nos sistemas de produção, nos diferentes tipos de solos, principalmente se não forem consideradas as variações de temperatura, umidade, relevo, etc.

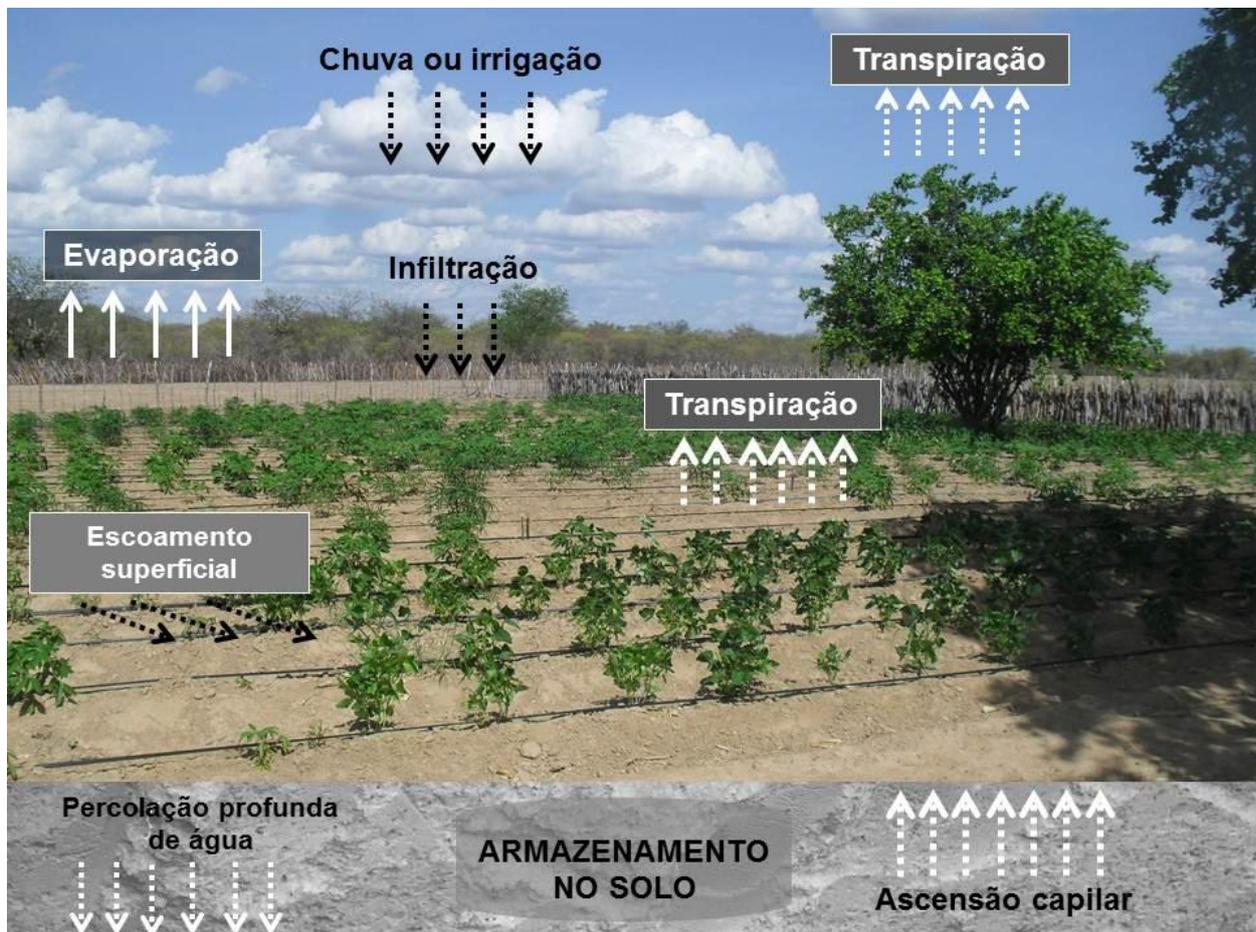
Além desses aspectos, é importante compreender que o relevo relacionado a cada tipo de solo pode apresentar fortes influências na temperatura e umidade local se for, por exemplo, numa área acidentada, onde a permanência da umidade natural do solo é quase que impossível devido a drenagem. Por outro lado, a drenagem estará intimamente ligada a textura do solo que é outra característica importante de ser levada em consideração. Um resumo dessas características está apresentado na Tabela 3 que mostra ainda as limitações e potencial de trabalho de cada um dos tipos principais de solos existentes no nordeste, citados como exemplo.

Além do conhecimento sobre características de cada um tipo de solo, a tabela abaixo alerta para a otimização dos sistemas agrícolas de produção que tem como ponto de partida a observação da principal base de qualquer atividade, seja ela voltada para o cultivo, para a

pecuária ou transformação dos produtos. Essa base está representada inevitavelmente pelos solos presentes na paisagem. A observação criteriosa desse elemento ou capital natural, de uma forma mais ampla, certamente desencadeará uma série de atitudes viáveis e sustentáveis, promovendo o uso racional do recurso e produção de bens e serviços econômica e ambientalmente viáveis e sustentáveis. Essa observação tem como objetivo o dimensionamento dos custos e dos riscos eminentes na realização das atividades com solos. Nas áreas de ciências agrárias (agricultura ou pecuária), por exemplo, o fator relevo não é tão observado, com um olhar mais criterioso, por conta da delimitação restrita do espaço de trabalho, limitando-o a pequenas parcelas agricultáveis ou com viabilidade pra criação de animais.

Pode-se afirmar que a complexidade de reações entre os elementos solo, planta e atmosfera deve-se as diferentes características que cada um desses elementos possui nas diferentes partes do globo terrestre. Na Figura 41 é possível observar a dinâmica da água no solo, na planta e na atmosfera, porém é preciso admitir que inúmeras variações nessa dinâmica são verificadas nas diferentes paisagens do globo terrestre. As variações ocorrem por conta de diversas variações na paisagem que vão desde a profundidade e textura do solo, até a espécie de vegetal que recobre o local e a época do ano em que se encontra esse sistema, dinâmico e vasto. Dai a complexidade em se estudar, caracterizar e compreender os sistemas dinâmicos das paisagens naturais.

Figura 41. Dinâmica do movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, em paisagens naturais.



Os Neossolos, por exemplo, normalmente muito bem drenados, de textura arenosa, apresentam maior intensidade na percolação de água em seu perfil, assim como maior ascensão capilar. O armazenamento de água, torna-se, nesse caso, muito reduzido, implicando em maior déficit hídrico nos períodos de estiagem e na necessidade de uma irrigação mais constante, no caso das áreas irrigadas. O contrário poderá ser observado nas paisagens de solos mais argilosos, como os Argissolos ou alguns Latossolos, possuidores de características físicas mais propícias a uma menor perda de água pelo sistema.

Tabela 3. Chave simplificada para principais tipos de solos do nordeste, idade e caracterização, limitações, potencial e relevo relacionado.

SOLO/ORIGEM	IDADE E CARACTERIZAÇÃO	LIMITAÇÕES E POTENCIAL	RELEVO RELACIONADO
Neossolos (antigos Litossolos, Areias quartzozas, Aluviais). Quartzo, Arenito, Ritmitos, Calcita (variado).	Solos jovens, constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, insuficiente manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação dos solos. Sem presença de horizonte diagnóstico. Alta (eutróficos) ou baixa (distróficos) saturação por bases, acidez e altos teores de alumínio e de sódio.	Distróficos e mais ácidos são mais dependentes do uso de adubação e de calagem. Arenosos apresentam restrição causada pela baixa retenção de umidade. Em relevos mais declivosos, os mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola. Áreas mais planas, eutróficos e profundos tem potencial para o uso agrícola.	Diversos relevos e ambientes climáticos, principalmente acidentados, podendo ocorrer em planos e suaves, fundo de vales, vazantes, cursos de água, normalmente arenosos, áreas aluviais. Quanto ao material de origem, variam desde sedimentos aluviais até materiais provenientes da decomposição de rochas do cristalino (pré-cambriano)
Argissolos (antigos Podzólicos). Feldspatos, biotita, piroxênios, quartzo, rutilo, ilmenita (fr. areia), Caulinita, Ilita, hematita, goethita, (fr. argila).	Solos intemperizados, velhos. Horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E. Distróficos e alíticos apresentam baixa fertilidade natural e acidez elevada e, nos casos dos alíticos a presença agravante dos altos teores de alumínio. Eutróficos são mais ricos em elementos essenciais às plantas como Ca, Mg e K.	Baixa fertilidade, acidez, teores elevados de alumínio e a suscetibilidade aos processos erosivos. Mais suscetíveis à erosão se relação textural forte presente. Se textura mais leve ou média e menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, menos suscetíveis à erosão. Os eutróficos (férteis) com boas condições físicas e relevos suaves tem bom potencial para uso agrícola.	Ocorrem em diferentes condições climáticas e de material de origem. Ocorrência relacionada, em sua grande maioria, a paisagens de relevos mais acidentados e dissecados, com superfícies menos suaves. Podem existir em encostas, mas são encontrados também em áreas planas.
Cambissolos (mesmo nome)	Jovens. Pouco desenvolvidos. Ainda apresentam características do material originário (rocha). Presença de horizonte diagnóstico B incipiente (pouco desenvolvimento estrutural) apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutróficos) saturação por bases, baixa a alta atividade da argila (SiBCS - Embrapa, 2006).	Em relevos mais declivosos, sendo rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola (mecanização e à alta suscetibilidade aos processos erosivos). Em áreas mais planas, os Cambissolos, principalmente os de maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola.	Relevo suave, ondulado, áreas acidentadas ou não. Variam de solos pouco profundos a profundos, sendo normalmente de baixa permeabilidade.

<p>Latossolos (predominantes no Brasil)</p>	<p>Solos muito intemperizados, velhos. Presença de horizonte diagnóstico latossólico e: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases. Baixa fertilidade (exceto os originados de rochas mais ricas em minerais), acidez e teor de alumínio elevados.</p>	<p>Limitações mais relacionadas à baixa fertilidade verificada na maioria dos latossolos e baixa retenção de umidade, quando de texturas mais grosseiras e em climas mais secos. Boas condições físicas e aos relevos mais suaves revelam alto potencial para o uso agrícola. Largamente utilizados com produção de grãos: soja, milho, arroz entre outros. Requerendo correção e adubação.</p>	<p>Estão sobre amplas e antigas superfícies de erosão: tabuleiros, chapadas, planaltos, terraços fluviais, associados normalmente a relevos planos e suave ondulados e, mais raramente, a áreas mais acidentadas. São solos de maior ocorrência no Brasil, sendo mais frequentes em regiões equatoriais e tropicais, podendo ocorrer em zonas subtropicais.</p>
<p>Planossolos (Esmectitas e caulinita (na fração argila))</p>	<p>Solos jovens. Apresentam desargilização vigorosa da parte superficial e acumulação intensa no horizonte subsuperficial, conferindo mudança textural normalmente abrupta ou transição abrupta conjugada. Normalmente adensados devido ao acúmulo de argila em subsuperfície apresentam, por vezes, um horizonte pã (endurecido ou cimentado quando seco).</p>	<p>Permeabilidade lenta, devido ao acúmulo de argila em sua superfície; Presença de horizonte endurecido ou cimentado; textura superficial arenosa (retenção de umidade e na deficiência nutricional); presença de teores elevados de sódio. Arroz inundado.</p>	<p>Cotas baixas, Topografia Plana, encostas, pouco declivosas. Em várzeas e depressões podem apresentar-se hidromórficos. Entretanto, em zonas semiáridas, mesmo em áreas onde o solo está sujeito a um excesso d'água por curto período, principalmente sob condições de relevo suave ondulado, não chegam a ser propriamente hidromórficos.</p>
<p>Vertissolos</p>	<p>Desenvolvimento restrito. Horizonte diagnóstico vértico, entre 25 e 100 cm de profundidade, teor de argila de, no mínimo, 30% nos primeiros 20 cm, peq. variação textural ao longo do perfil (nunca caracterizando B textural). Expansão e contração, associados à alta atividade das argilas, grande capacidade de movimentação do material constitutivo do solo. Alta CTC e saturação por bases (eutróficos) elevados Ca e Mg, pH neutro para alcalino.</p>	<p>Limitações relacionadas ao uso de máquinas no período chuvoso. Estes solos muito argilosos quando muito úmidos tornam-se "pesados" restringem uso de máquinas. A baixa infiltração de água e a drenagem lenta favorecem o enchacamento destes solos. Seu potencial agrícola é decorrente da alta fertilidade. Em clima semiárido, ter cuidado com a qualidade da água de irrigação, mais especificamente com o teor de sais, risco de salinização.</p>	<p>Áreas planas a suave onduladas. Menos frequentes em áreas movimentadas. Pouco profundos a profundos, embora ocorram rasos. De imperfeitamente a mal drenados. Em ambientes de bacias sedimentares ou a partir de sedimentos com predomínio de materiais de textura fina. Distribuídos em diversos tipos de clima, dos mais úmidos aos mais secos, expressão nas bacias sedimentares na região semiárida do nordeste brasileiro.</p>

Quando nos deparamos com uma paisagem próxima ao leito de um riacho (Figura 42), a reação natural, de qualquer ser humano, é imaginar que ali encontra-se um espaço geográfico com solos ricos, de alta fertilidade, passível do desenvolvimento de uma grande sorte de atividades produtivas e econômicas ou mesmo de lazer. Mas o clima local nem sempre permitirá toda essa abertura de atividades, principalmente sendo áreas de vazantes, onde em parte do ano não se tem umidade no solo disponível para o crescimento das plantas. E essa umidade ainda pode perder-se por percolação, ascensão capilar e evaporação, como apresentado na Figura anterior, comprometendo o sistema de cultivo vigente na paisagem.

Figura 42. Área ao lado do Açude Paraguaçu, município de Petrolina-PE.



Foto: Alineaura Florentino Silva

Nos mais diversos climas, com temperaturas baixas ou altas, podem ser formados solos diversos dos preconizados para tal situação, como os solos bem desenvolvidos que existem nas regiões semiáridas. Jamais seria compreensível que solos com tamanha profundidade, como alguns Latossolos, por exemplo, existissem em regiões onde a temperatura média anual está sempre acima dos 27° e a precipitação anual não passa dos 400mm. Essa forma de visualização instantânea do tempo e dos solos juntos não permite considerar que muitos desses solos foram formados a milhões de anos e nem sempre o clima nesse local é parecido com o de hoje (JATOBÁ, 2014). Além disso, o material de origem, os minerais existentes e microrganismos certamente interferirão nas características do solo resultante naquele local, afastando as possíveis previsões que não levarem em consideração aspectos holísticos no sistema ambiental complexo e variável como o nosso.

CAPÍTULO 5

Caracterização Geoambiental da área do Projeto Pontal, Petrolina-PE

Alineaura Florentino Silva
Lucivânio Jatobá



Introdução

Apresenta-se a seguir um exemplo de descrição e análise de paisagem realizadas pelos autores relativo a um trecho de uma importante unidade de paisagem de Pernambuco que é a Depressão Sertaneja, representado pelo Projeto Pontal, situado no município de Petrolina (PE).

A caracterização ambiental da área investigada enfatizou as condições geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrográficas, pedológicas, fitogeográficas e socioeconômicas.

Os fatores contidos na análise geoambiental resultam em nuances passíveis de observação e entendimento da natureza, onde ocorreu a produção do espaço geográfico³ em pauta. Por conseguinte, pode-se ter claro que as condições geoambientais da região de Petrolina (PE), na qual se insere o Projeto Pontal Sequeiro, exercem papel destacado sobre a variedade de atividades econômicas desenvolvidas na área.

A caracterização geral da área, abordando os diversos aspectos do solo, da hidrologia, do relevo e mesmo da geologia, teve como intuito apresentar o contexto ambiental do espaço pesquisado, trazendo detalhes importantes, posteriormente abordados na discussão e ainda esclarecer diversos aspectos singulares postos nos resultados que têm explicação baseada nas condições climáticas do local. Assim, o presentetexto teve como objetivo principal caracterizar a região de Petrolina-PE, apresentando uma análise geoambiental com ênfase nas condições geomorfológicas, geológicas, climáticas, pedológicas, e hidrológicas. Para tanto foram usados diversos recursos cartográficos e informações coletadas em diversos locais e descritas na metodologia, detalhada a seguir.

5.1. Metodologia do trabalho

As informações apresentadas na caracterização da área onde foi locado o trabalho (Petrolina-PE, Semiárido brasileiro), foram baseadas numa pesquisa aplicada com intuito de ser exploratória, descritiva e explicativa, com procedimentos que tinham caráter bibliográfico e documental (GIL, 2008), de abrangência nacional e internacional, obtendo-se informações, dados e mapas de fontes e Instituições as mais diversas nos meios físico e digital. A caracterização geoambiental da área contou com a colaboração valiosa de investigadores que contribuíram com explicações relevantes sobre o fenômeno da seca. Esse fenômeno atinge fortemente a área escolhida e, dada a importância social, exigiu uma abordagem mais aprofundada no que tange às verdadeiras causas e sua periodicidade.

Para a análise geomorfológica ambiental adotou-se o modelo evolutivo do relevo para áreas tropicais, elaborado por Bigarella e Andrade (1964), que considera a existência de relevos policíclicos e poligênicos no Nordeste brasileiro, especialmente no espaço sertanejo. Esse modelo estabelece que a compartimentação do relevo regional deu-se a partir de mudanças climáticas e interferências tectônicas de soerguimento da topografia. Defenderam que o Nordeste possui três superfícies de erosão, designadas, da mais antiga para a mais recente, de Pediplano3 (Pd3), Pediplano 2 (Pd2), Pediplano 1 (Pd1) e embutidos nesta última estão os níveis de pedimentos P2 e P1. A aplicação do modelo de Bigarella e Andrade (1964), apoiado na Morfoclimatologia e nos depósitos correlativos, permitiu a identificação, na área investigada, do Pd1, predominantemente, e de um terraço de várzea, bem mais recente. O Pd1 é de idade plio-pleistocênica.

A identificação dos compartimentos e feições de relevo foi possível a partir de trabalhos de campo, com controle altimétrico, e análise de material cartográfico, especialmente imagens SRTM, na escala de 1:100.000, disponibilizadas pela EMBRAPA, cartas topográficas da

³ O espaço geográfico é produzido a partir de uma relação dialética entre sociedade e natureza. Talvez seja interessante inserir algumas considerações de Manuel Correia de Andrade, extraídas do livro Geografia Econômica, sobre espaço geográfico, que é uma categoria de análise muito importante. Quando foi instalado o Projeto Pontal, começou-se ali a produção do espaço geográfico. Na produção do espaço geográfico, o homem modifica a natureza e começa a alterar o Capital Natural (solo, relevo, hidrografia etc.)

SUDENE, na escala de 1:100.000. Foram empregadas também imagens fornecidas pelo Google Earth, que permitem uma visão tridimensional do relevo da área.

As correlações com a estrutura geológica foram realizadas a partir da análise do Mapa Geológico de Pernambuco, na escala de 1:600.000, elaborado pelo DNPM, além de cartas geológicas na escala de 1:100.000 confeccionadas pela CPRM.

Os estudos climatológicos, que são indispensáveis à análise geoambiental de qualquer espaço geográfico, foram levados a efeito a partir de um amplo levantamento bibliográfico sobre a climatologia regional, sobretudo a partir da ótica da Climatologia Geográfica, que se diferencia da Meteorologia, ciência geofísica. A Climatologia Geográfica usa como método de estudo a dinâmica dos sistemas atmosféricos, ou seja, massas de ar, frentes, linhas de instabilidade, etc. Assim, foram examinadas imagens de satélite (GOES) fornecidas pelo INMET e pelo INPE, disponíveis na internet (<http://www.cptec.inpe.br>), dos períodos correspondentes às quatro estações de ano, para observar avanços e recuos de sistemas atmosféricos.

Foi feita, na interpretação do andamento habitual do tempo da área de Petrolina e regiões vizinhas, um exame da camada de inversão dos alísios, cuja baixa atitude sobre a Depressão Sertaneja é responsável pelo impedimento do crescimento vertical das nuvens que provocam aguaceiros locais. Para tal exame fez-se comparação entre o que ocorre no sudoeste do continente africano, particularmente na Namíbia, de onde parte uma massa de ar seco e estável e que avança sobre o saliente nordestino, provocando a semiaridez regional. Os dados empregados para a comparação da posição altimétrica da camada de inversão dos alísios na África e no Nordeste semiárido, pluviosidade e temperatura mínima e máxima da região de Petrolina foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os referentes a Floriano-PI e Namíbia em <http://weather.uwyo.edu>. Para a elaboração das curvas de regressão e tendências os dados foram vinculados a dois programas, sendo usados os Programas CLIMAP e Excel.

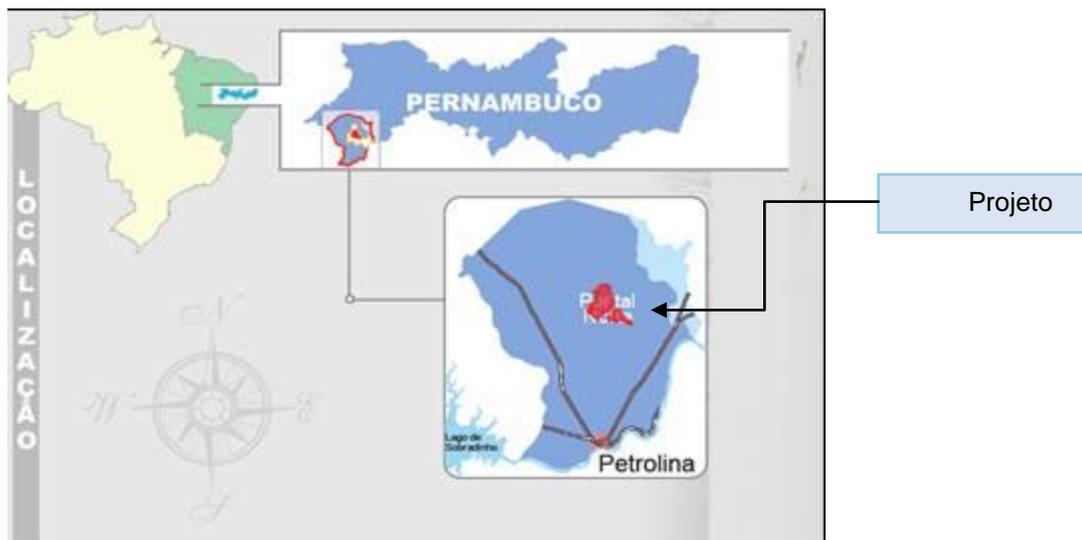
Na análise climática foram enfatizadas duas variáveis climáticas, a temperatura e a precipitação pluvial, pela importância que exercem sobre os cultivos locais. A tipologia climática empregada foi a sugerida por Andrade e Lins (1965).

5.1. O PROJETO PONTAL

As áreas onde foram instalados os ensaios experimentais da tese possuem características geoambientais distintas, no que concerne aos aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos. A área total desapropriada do Projeto em pauta perfaz um espaço de 28.955,23 ha e foi exaustivamente estudada e analisada para identificação de possibilidade de uso do solo e desenvolvimento de atividades econômicas como a agricultura ou pecuária. A partir dos estudos da área, capitaneados principalmente pela CODEVASF, por intermédio de diversos projetos e ações, foram elaborados documentos como o AIA (Avaliação do Impacto Ambiental) e o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental), elaborados previamente ao início dos trabalhos de implantação do Projeto, por volta de 1992 (RIMA, 2013). Da área total desapropriada, foi previsto um espaço destinado à Reserva Legal de 5.844,86 ha e o restante foi distribuído em 8 glebas irrigadas (14.046,81 ha) e 147 lotes de sequeiro, que agrupam 7.273,09 ha.

O Projeto Pontal localiza-se em Petrolina-PE e foi idealizado com o objetivo principal de viabilizar a atividade agrícola nesse espaço geográfico, permitindo a geração de empregos diretos e indiretos, contribuindo, assim, com o desenvolvimento local (Figura 43). Os perímetros irrigados são considerados grandes aliados do crescimento e desenvolvimento econômico regional, que podem justificar os altos investimentos neles realizados. A definição mais sucinta encontrada no site da Codevasf (<http://www.codevasf.gov.br>) indica que perímetros de irrigação são áreas extensas que permitem o desenvolvimento e o plantio de várias culturas, como uva, manga, acerola e outras.

Figura 43. Localização esquemática do Projeto Pontal.



Fonte: Adaptado de: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/Rima-Pontal-Norte.pdf>.

Para a implantação do Projeto Pontal Norte foram elaborados: o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental. Esses dois documentos tiveram como objetivo principal dar seguimento ao processo de licenciamento ambiental iniciado na Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH). Na elaboração desses documentos detalhados foi envolvida uma equipe multidisciplinar, em 2007, entre os meses de julho e outubro, seguindo o Termo de Referência emitido pela própria CPRH e nos termos e condições previstas na Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. No final de 2012 a CPRH solicitou a atualização do EIA, sendo realizado entre os meses de janeiro a março de 2013.

Esse histórico de tramitação reforça ainda mais a informação da morosidade de um processo como a implantação de um perímetro irrigado. São ouvidas críticas diversas em torno do tempo que ocorre entre a concepção de um projeto como esse e a instalação dos produtores definitivamente. São muitas as exigências a serem atendidas para que se tenha o máximo de proteção à natureza que ocorre neste espaço, recurso ambiental e natural pertencente a todos (RIMA, 2013). No final dos documentos, tanto no EIA quanto no RIMA, foram detalhadas diversas práticas sustentáveis a serem sugeridas a fim de tornar a agricultura nesse local menos impactante ao ambiente, contudo, para que essas indicações saiam do papel e rompam com o sistema tradicionalista de produção são necessários incentivos das instituições presentes, desde a conscientização da importância da prática até o acompanhamento e incentivos fiscais para que os agricultores possam aderir a essa rotina, promovendo menor impacto ambiental na atividade agrícola da região.

5.3. Características geomorfológicas

A descrição geomorfológica de qualquer paisagem continental reveste-se de uma particular importância, pois, entre outros aspectos, o relevo terrestre desempenha um papel fundamental nas paisagens, sobretudo para a definição das atividades agrícolas. O relevo colabora bastante para a formação dos solos, bem como para a realização do escoamento superficial e a infiltração das águas nas formações detríticas. As condições climáticas ambientais, por outro lado, representadas pelo absoluto predomínio do clima semiárido, do tipo BShw (Andrade, 1980), aliadas a uma multiplicidade de tipos de solos, alguns dos quais reconhecidamente adversos às atividades agrícolas e uma drenagem sazonal intermitente, representam um condicionamento, às vezes preocupante, para que sejam desenvolvidas mais amplamente as atividades econômicas no espaço citado.

O Semiárido do Nordeste brasileiro foi subdividido em diversas unidades de paisagem em classificação proposta por Souza et al. (1992), Embrapa (1991), Embrapa (2000) e Embrapa (2006). Uma dessas macrounidades de paisagem corresponde à Depressão Sertaneja, um dos compartimentos regionais de relevo (Ab Saber (2003); Ross (2008), Souza et al. (1996), Embrapa (1991)), na qual se situa a área do Projeto Pontal Sequeiro. Trata-se de uma ampla superfície de erosão, originada ao longo do Plioceno Superior e Pleistoceno Inferior, sob condições paleoclimáticas semiáridas severas. Geneticamente, essa superfície de erosão pode ser considerada como um pediplano que, na área específica estudada, mergulha suavemente em direção à calha do Rio São Francisco.

Essa unidade de paisagem é uma depressão interplanáltica semiárida que se desenvolveu em rochas cristalinas (ígneas) e cristalofílicas (metamórficas) com vastos pedimentos e topografias rampadas em direção aos fundos de vales abertos (SOUZA, 1996). Essas litologias, que colaboraram sensivelmente para a definição de unidades pedológicas, fazem parte de duas unidades litoestratigráficas do Pré-Cambriano, designadas como Complexo Migmatítico-Granitóide e Grupo Salgueiro (DANTAS, 1980). Essas unidades foram posteriormente detalhadas e subdivididas. As unidades geológicas referidas foram, no passado remoto, submetidas a fases de falhamento e dobramento (Pré-Cambriano), posteriormente modificados por prolongados períodos de erosão, particularmente ao longo do Cenozóico (Plioceno e Pleistoceno). No Grupo Salgueiro são encontradas rochas xistosas do tipo Biotita-Xisto e Xisto além de calcários e quartzitos (DANTAS, 1980). A presença desses calcários metamórficos, inclusive, colabora com a ocorrência de lagoas encontradas próximas ao PV1.

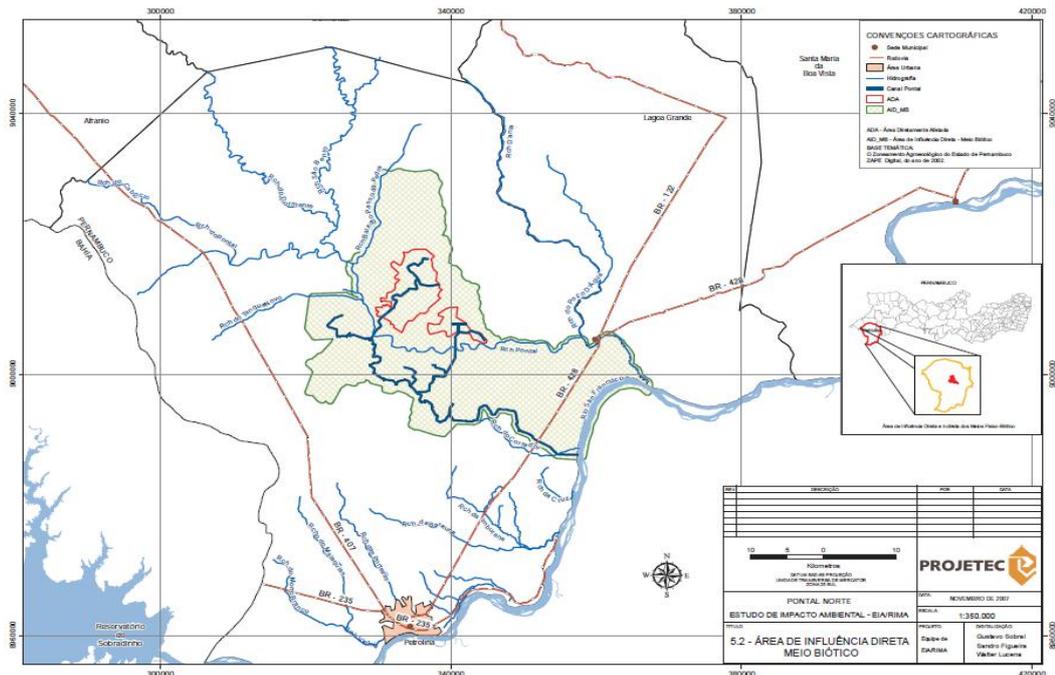
A geógrafa Rachel Caldas Lins (1972), ao realizar o levantamento socioeconômico em áreas do Baixo e Médio São Francisco na década de 70, fez uma interpretação geomorfológica desse trecho importante da bacia do São Francisco e considerou que toda a topografia desse espaço geográfico está contida entre dois níveis de erosão, a saber: O pediplano Pd1 e o nível das várzeas inundáveis ou várzeas atuais (LINS, 1972). Essa mesma autora considerou o Pd1 como uma superfície de aplanamento que cortou os terrenos cristalinos e que teria sido consumado no Pleistoceno Inferior, época geológica que marca o início do Quaternário. O Pd1 ora está na área estudada desenvolvido no cristalino aflorante, ora encontra-se inumado sob uma pouca espessa cobertura detrítica. Na área em que se desenvolveu o Projeto Pontal, o pediplano Pd1 encontra-se discretamente dissecado pelo riacho homônimo e seus tributários, tais como o riacho Cachoeiro do Roberto, Riacho da Dormente, entre outros.

A Depressão Sertaneja, não apenas no trecho analisado na tese, possui fraco a muito fraco potencial de águas subterrâneas que em geral ocorrem em sistemas de fraturas. Esse fato associa-se às características litológicas, sobretudo à pouca permeabilidade apresentada pelos terrenos pré-cambrianos. Nessa unidade de paisagem verifica-se uma predominância de solos rasos a medianamente profundos e frequentemente afloramentos rochosos e chãos pedregosos⁴ (pavimento detrítico).

As altitudes da área do Projeto Pontal variam entre 378 e 478m, aproximadamente. O declive entre áreas a montante e áreas a jusante é pouco significativo. A desembocadura do Riacho Pontal dá-se aproximadamente no cotovelo do São Francisco, situado entre Lagoa Grande e Vermelhos, no Estado de Pernambuco, na margem esquerda do “Rio da Unidade Nacional” (MELO, 1988). Ilhadas na paisagem pediplanadas, onde está contido o Projeto Pontal, são vistas superfícies residuais do tipo inselbergues e cristas como, por exemplo, as Serras do Capim e da Santa, aspecto comum dos pediplanos sertanejos. Contudo, o Projeto Pontal, não se desenvolve em tais feições do relevo, e sim em áreas de terraço fluvial e várzeas inundáveis (Figura 44).

⁴Bigarella e Andrade (1992), já no ano de 1965, propuseram uma explicação para paleopavimento detríticos que no Brasil e particularmente no Semiárido nordestino revestem áreas mais secas da depressão sertaneja. Ab Saber (1962) fez uma revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inumados no Brasil oriental e considerou ter sido esse horizonte de seixos elaborado como um leito de cascalhos de variada espessura, posteriormente soterrado por siltes e argilas assim como pelos solos atuais.

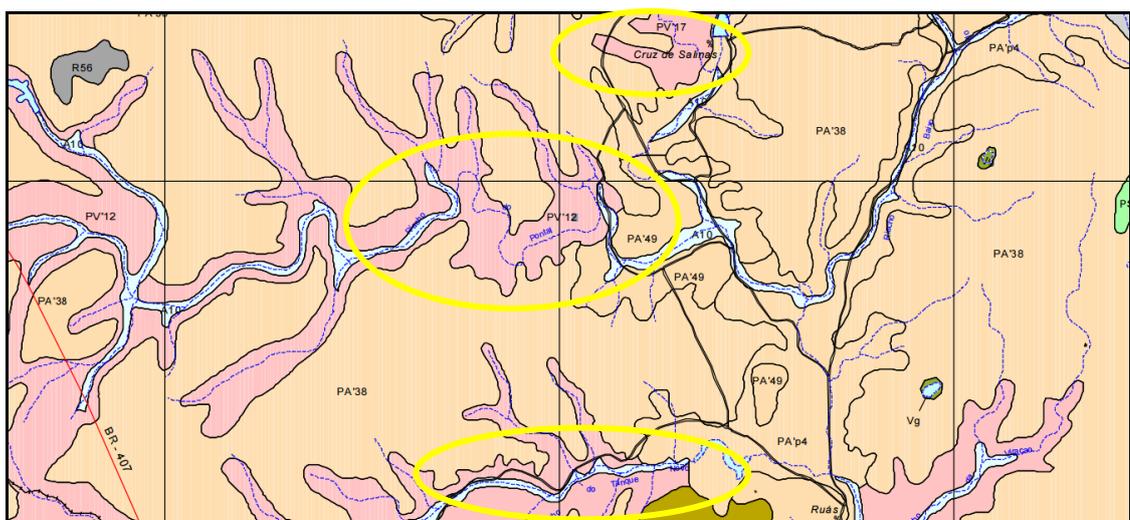
Figura 44. Área de influência direta do meio biótico no Projeto Pontal. Detalhe dos afluentes e local de desembocadura do Riacho Pontal.



Fonte: Projetc/Codevasf (2016)

As áreas próximas ao Riacho Pontal e outras ribeirinhas que serpenteiam sobre as terras do oeste semiárido pernambucano, aqui mais detalhadamente a área de Petrolina (Figura 45), assumem caráter de áreas de exceção, de acordo com Melo (1988), por oferecerem condições naturais para o desenvolvimento de lavouras irrigadas, comumente chamadas de vazantes, consideradas pelo mesmo autor como responsáveis por parte da ocupação da margem pernambucana do São Francisco. Posteriormente, essas e outras áreas foram aproveitadas sob a forma de irrigação artificial, com o avanço dos perímetros irrigados instalados por órgãos como DENOX, CODEVASF, com recursos do Ministério da Integração Nacional, e dessa forma surgem em Pernambuco Projetos como Bebedouro, Nilo Coelho e o Projeto Pontal Sequeiro, área prioritária do presente estudo.

Figura 45. Riachos que serpenteiam sobre o interior de Petrolina. Riacho Cruz de Salinas e Tanque Novo e Riacho Pontal (destaque), onde está localizado o presente trabalho.



Fonte: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape/cartas/RchDoCaboclo.pdf> (Embrapa, 2000).

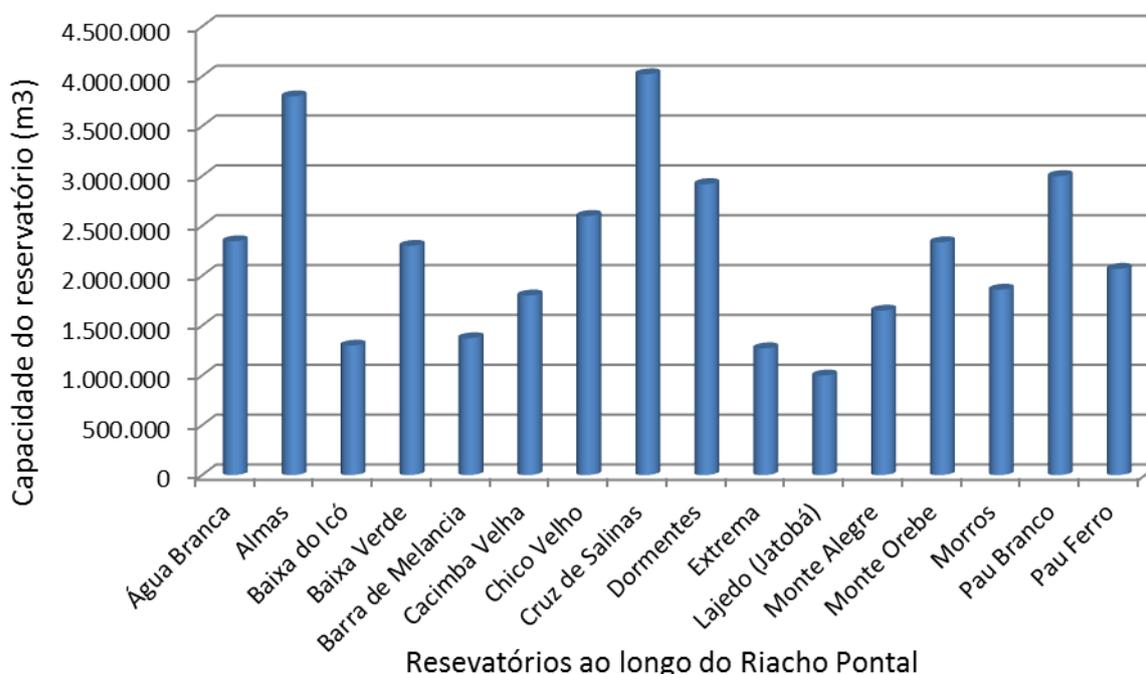
O Riacho Pontal dá nome à bacia que tem como limites os estados de PI e BA e possui a sua nascente no extremo oeste do Estado de Pernambuco, no município de Afrânio-PE. Descrita no Plano Estadual de Recursos Hídricos, a Unidade de Planejamento Hídrico que

corresponde à bacia hidrográfica do rio do Pontal, localiza-se no extremo oeste do Estado de Pernambuco, 8°19'00" e 9°13' 24" de latitude sul, e 40°11'42" e 41°20'39" de longitude a oeste de Greenwich, inserida na microrregião de Petrolina (COELHO, 2016). Ao longo de sua bacia, o riacho Pontal recebe diversos nomes, desembocando na margem esquerda do rio São Francisco, após percorrer distância de quase 200 km, com uma direção predominante noroeste-sudeste. O riacho Pontal tem como principais cursos d'água os riachos Caieira, Sítio Novo, Terra Nova e Simão, pela margem direita e os riachos do Caboclo, Caldeirão, do Dormente, Baixo, do Areial e da Serra Branca, na margem esquerda.

A Bacia do riacho do Pontal possui uma área de 6.015,33 km², equivalente a 6,12% da área total do Estado de Pernambuco, abrangendo os municípios de Afrânio, Petrolina, Lagoa Grande e Dormentes, principalmente, mas sendo o município de Afrânio o único que está totalmente inserido na bacia. A bacia do Riacho Pontal tem um padrão de drenagem predominantemente dendrítico que reflete na área estudada a relação nítida entre litologia e arranjo geométrico dos rios. Um dos afluentes do riacho Pontal da sua margem direita é o Riacho Simão. Esse riacho desloca-se das suas cabeceiras até as proximidades do paralelo 9°Sul, na direção sudoeste-nordeste. Subitamente o mesmo muda essa direção para oeste-leste até desembocar no riacho Pontal, configurando assim a influência de um falhamento geológico que possui a direção oeste-leste.

A rede hidrográfica da área, como acontece em praticamente todo o sertão de Pernambuco (exceto o rio São Francisco), é do tipo sazonal intermitente, possuindo água apenas na estação chuvosa. Muitos dos afluentes do Pontal são correntes fluviais episódicas, por isso ao longo dos mesmos foram construídos diversos reservatórios para acumular água como alternativa para a convivência com a seca. Ao longo de seu percurso, na bacia do riacho Pontal, foram construídos 16 reservatórios, com as mais diferentes capacidades de acúmulo de água, conforme indicados na Figura 46.

Figura 46. Reservatórios localizados ao longo da bacia do Riacho Pontal.



Fonte: APAC (2016).

Como explicitado na Figura 46, cada um dos reservatórios existentes ao longo da Bacia do Riacho Pontal possui capacidade diferenciada e nível de armazenamento diferenciados ao longo do ano, tornando-os, na maioria dos casos, impossibilitados de abrigar agricultura ou qualquer outra atividade agrícola constante. O Açude Cruz de Salinas, por exemplo, um dos

mais próximos das áreas de estudo, encontrava-se seco em quase todo o período de instalação e avaliação dos experimentos do presente trabalho, entre os anos de 2012 e 2015.

Nos terraços fluviais do Riacho Pontal pode ser visualizada uma superfície plana recoberta por uma camada de seixos subangulosos e subarredondados, o que permite supor a existência de paleoclimas mais secos ainda, no Quaternário. Foi elaborado pós a consumação do Pediplano Pd1, na área (Figura 5). Esses seixos referidos são decorrentes de processos geomorfológicos subatuais, de natureza fluvial e/ou por escoamento superficial difuso (JATOBÁ, 1996), e não de processos pedogenéticos *in situ*.

As linhas de pedra, via de regra, correspondem a paleopavimentos detríticos, rudáceos, encontrados em subsuperfície, seguindo grosso modo a morfologia das vertentes. Encontram-se em várias posições estratigráficas, intercaladas nas sequências de colúvios ou no contato entre elúvio e colúvio. (...) O material rudáceo das linhas de pedras é constituído principalmente por quartzo e quartzito e esporadicamente por fenoclastos de rochas alteradas, xistos, granitos, migmatitos entre outros, os quais podem ser de grandes dimensões (Ab' Saber (1962), Bigarella e Mousinho (1965) e Santos (1991)) citados por BIGARELLA et al., 1994. p. 207).

Esse horizonte superficial cascalhento, designado como pavimento detrítico ou pavimento detrítico desértico, quando verificados em espaços fortemente áridos, dependendo do grau de arredondamento do seixo, em geral quartzosos, pode ser entendido também como cascalheira fluvial e está apresentado numa visão ampla superior na Figura 47 e numa imagem mais aproximada do real na parte acima e a esquerda da mesma Figura.

Figura 47. Visão panorâmica de trecho do riacho Pontal, na Comunidade Amargosa, com destaque para o pavimento detrítico (detalhe acima à esquerda, apresentando seixos de quartzo, angulosos e subangulosos) e área experimental de plantio. O caráter subarredondado ou arredondado dos seixos denuncia um transporte fluvial pretérito. Localidade: Amargosa, Projeto Pontal, Petrolina-PE.



Fonte: Google Earth alterada pela autora. Alineaurea Florentino Silva, 2016.

Uma ampla área que serve como divisor de águas entre o Riacho do Pontal e o Riacho Taque Novo, ambos tributários do Rio São Francisco, contém um extenso espaço representado por uma cobertura sedimentar recente, na escala temporal geológica, de idade Terciário-Quaternário, representada por sedimentos detríticos quartzosos, finos a grosseiros e laterizados. Esses sedimentos, nos quais estão cascalheiras, denunciam processos de corridas de lama em clima quente e subúmido. Esse depósito é interrompido nas proximidades de Santa Clara, em face de processos erosivos pretéritos ali ocorridos. Esse “gap” permite o afloramento, por exumação, dos terrenos cristalinos pré-cambrianos (Figura 48 e Figura 49).

Contudo, tal cobertura volta a aparecer entre o norte de Santa Clara e Boa Esperança, comunidade local. Neste trecho as condições de ambiência geológica e geomorfológica são as mesmas do trecho anterior.

Figura 48. Visão real de terraço de cascalheiro (pavimento derítico) próximo a área do riacho Pontal (esquerda) e área de cultivo com vestígios de seixos quartzosos remobilizados do terraço de cascalheiros (direita). Localidade: Amargosa, Projeto Pontal, Petrolina (PE).



Foto: Alineaura Florentino Silva, 2016.

Tricart (1960) abordou a questão dos cascalhos, em especial os que se encontram revestindo os solos ou inumados no Sertão do Nordeste brasileiro. Esse autor relaciona os pavimentos detríticos (cascalhos) ao trabalho das enxurradas difusas que são o processo geomorfológico mais destacado dos ambientes semiáridos. Tricart (1960) lembra que as águas superficiais do escoamento difuso arrastam somente as partículas mais finas. Lavam a superfície do solo e arrastam apenas argilas, limo e um pouco de areia fina. As enxurradas difusas são responsáveis pelas superfícies repletas de cascalhos, que os espanhóis designam como “rañas”.

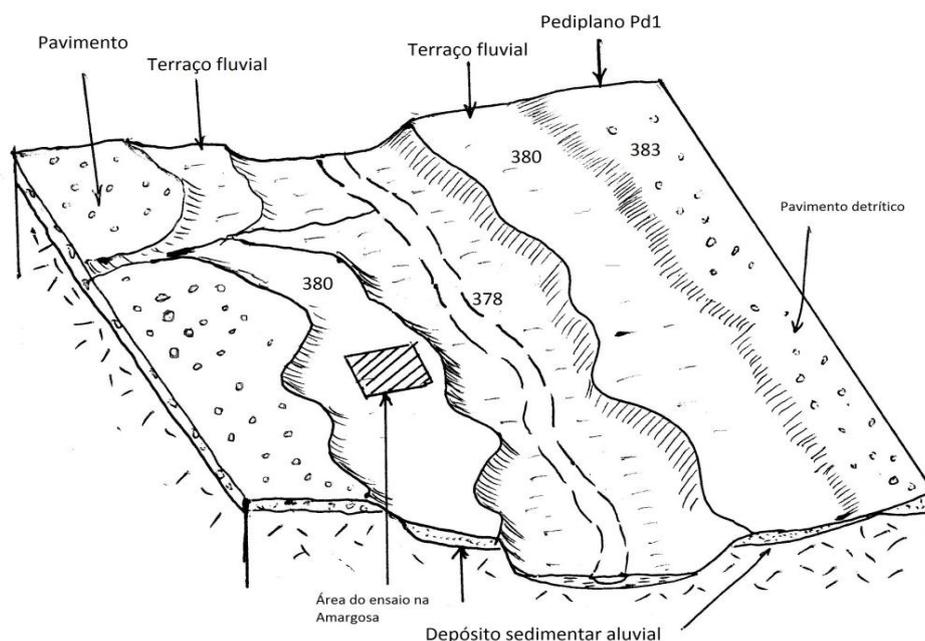
O padrão de drenagem dendrítico, dominante na área, revela certa homogeneidade geológica, no tocante à litologia. Os riachos da margem direita, que cortam o terraço fluvial na área, deslocam-se a partir de um nível altimétrico um pouco superior a 400m. Tal terraço que se encontra associado, na área, à ação erosiva e/ou deposicional do Riacho Pontal, constitui um plano quase horizontal limitado de um lado por um declive pouco significativo, entre 1 a 2m de altura e do outro por um nível horizontal. Um terraço fluvial, como consideraram Leopold et al. (1964), constitui-se numa planície de inundação que foi abandonada pelo rio (Figura 37). Segundo Bigarella (2003), os terraços fluviais originam-se quando os rios cortam os sedimentos depositados em sua planície de inundação (terraços aluviais). Os terraços podem ser situados acima do nível atual do rio, nem sempre sendo atingidos pelas águas, nem mesmo durante as enchentes. Alguns terraços, como os de várzea, podem ser submetidos a enchentes.

É bom saber:

O arranjo geométrico dos rios e riachos na superfície terrestre é definido como padrão de drenagem. Um desses padrões denomina-se dendrítico. Esse padrão lembra uma árvore sem folhas. Os afluentes do rio principal se distribuem em todas as direções unindo-se por ângulos agudos. Esse padrão é típico de paisagens dissecadas com rochas de resistência mais ou menos uniforme.



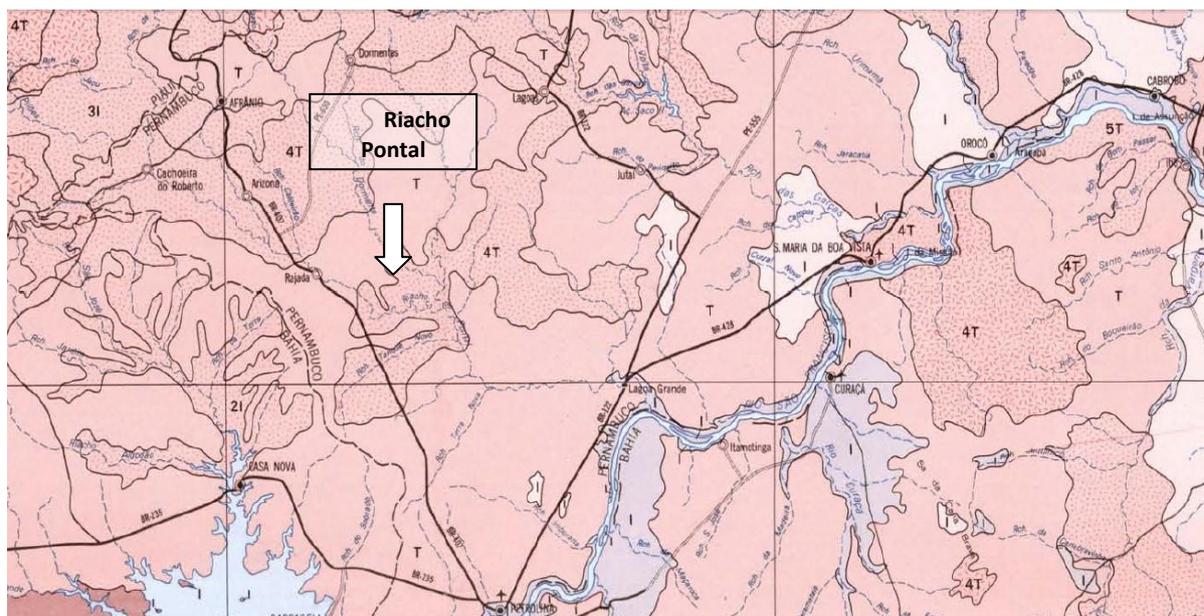
Figura 49. Bloco diagrama apresentando detalhe da compartimentação geomorfológica da área adjacente ao Riacho Pontal.



Os processos geomorfológicos operantes na área determinaram, juntamente com a litologia regional, solos específicos, nos quais já foram lançados ensaios de pesquisa científica dos mais diversos temas, como caprinovinocultura, mandiocultura, enriquecimento de caatinga, piscicultura, entre outros.

O Projeto Radam Brasil, um dos mais importantes levantamentos de recursos naturais do país, realizado nas décadas de 1970 e 1980, estabeleceu classes de avaliação do relevo ao longo da bacia do Rio São Francisco (RADAMBRASIL, 1983). De acordo com o Radambrasil (1983), a área objeto desta tese contempla duas classes de relevo, cuja dinâmica atual pode ser considerada como de transição fraca e média e de transição média (Figura 50).

Figura 50. Mapa de avaliação do relevo da região do Riacho Pontal (em destaque).

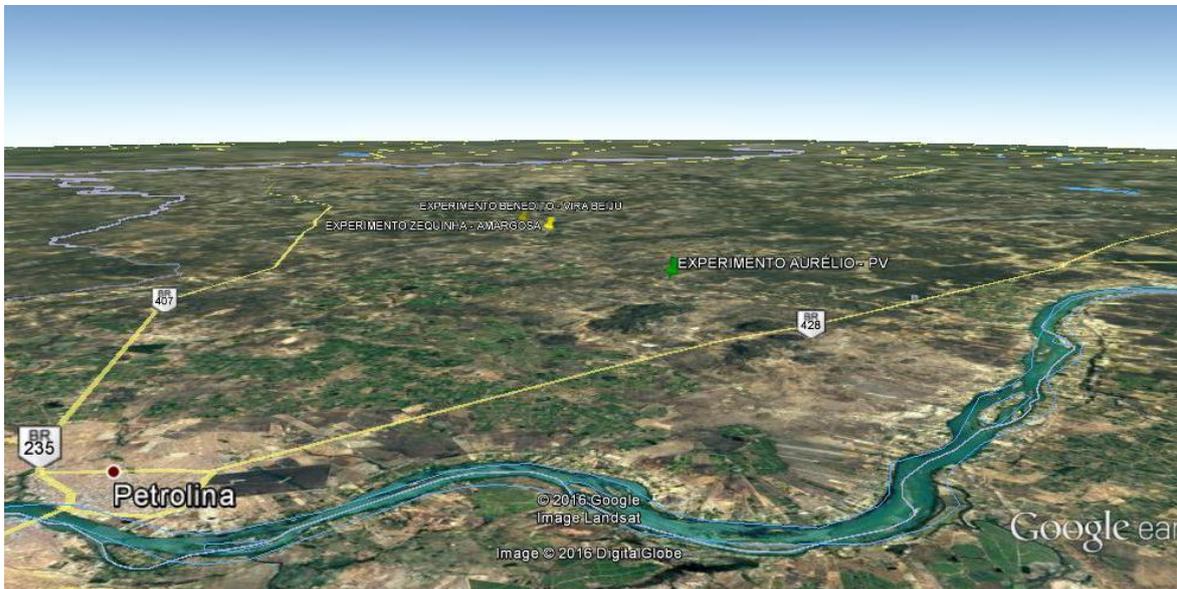


Fonte: Projeto RADAMBRASIL (1983).

São consideradas nessa área estudada as classes de relevo de transição de dinâmicas fraca e média rampas de colúvio com graus de declividade variando de 2 a 5° e classe média

de 5 a 10°. A classe de transição média corresponde a vales com incisões de 13 a 52m. A classe de transição de fraca a média está submetida a escoamento superficial difuso e concentrado e uma precipitação anual variando de 250 a 800mm. A de transição média também apresenta escoamento superficial difuso, mas em forma de enxurradas (Figura 51). A classe de precipitação anual está entre 250 a 800mm (RADAMBRASIL, 1983).

Figura 51. Relevo da área de estudo, dentro do Projeto Pontal, inserido no município de Petrolina.



Fonte: Google Earth

5.4. Principais solos encontrados na área

Nas três comunidades escolhidas para o desenvolvimento do trabalho foram encontrados solos passíveis para a agricultura. Em cada uma das três áreas foram abertos perfis para a realização de estudo morfológico e do ambiente no seu entorno. Esses perfis foram abertos para permitir uma maior exploração de características dos solos trabalhados, prevendo as diferenças entre essa área e as demais áreas locais. Conforme os mapeamentos de solos realizados no Nordeste do Brasil, incluindo o norte de Minas (BRASIL, 1972a,b; BRASIL, 1973a,b; EMBRAPA, 1975A,b; EMBRAPA, 1976; EMBRAPA, 1977/1979; EMBRAPA, 1979; EMBRAPA, 1986), os solos predominantes nas diferentes paisagens do semiárido são os Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos e Neossolos. Em baixas proporções têm-se os Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Vertissolos e Plintossolos (JACOMINE, 1996; BRASIL 1972 e 1973; OLIVEIRA et al., 1992; ARAÚJO FILHO et al., 2000).

No Projeto Pontal, assim como todas as áreas agrícolas do semiárido pernambucano, surgem pontuados os mais diversos tipos de solo, que vão desde os solos jovens, com limitada profundidade, como os Neossolos (Litólicos ou quartzarênicos) até solos razoavelmente profundos, como alguns Argissolos e Latossolos, preferidos para a delimitação das áreas irrigadas. No Projeto pontal foram escolhidas para o trabalho três áreas pertencentes a três comunidades diferentes: Comunidade Amargosa, Comunidade Vira Beijú e Comunidade Lagedo. Em cada área foi descrito um perfil de solo sob mata/capoeira e um sob uso agrícola, com vistas a identificar possíveis alterações que ocorreram ao longo dos anos de ação antrópica, haja vista as áreas escolhidas terem histórico agrícola anterior.

Com base nas observações de campo, exames e descrições morfológicas dos solos efetuados durante os trabalhos de campo e resultados analíticos de perfis de solos procedeu-se à classificação dos perfis conforme normas e critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013).

De uma forma geral, uma das características mais marcante e relacionada com a condição climática regional é a limitada profundidade efetiva dos solos, principalmente

daqueles desenvolvidos a partir de rochas cristalinas. Com exceção dos solos desenvolvidos em materiais sedimentares e/ou de cobertura pedimentar, a grande maioria situa-se na faixa de pouco profundo (50-100 cm) a raso (<50 cm). Outra característica ambiental marcante que deve ser realçada é que apesar de estarem sob um mesmo clima local pode-se verificar claramente a grande variabilidade espacial dos solos em curtas distâncias, sobretudo nos ambientes com rochas cristalinas.

Dentre os aspectos físicos, a presença de frações grossas (cascalhos, calhaus e matacões) é bastante comum na superfície ou mesmo no volume dos solos, sobretudo naqueles menos desenvolvidos e nos ambientes mais secos. Calhaus e matacões em geral tipificam a pedregosidade distribuída com maior frequência nos horizontes superficiais dos solos na zona da Depressão Sertaneja. Nos perfis de alguns dos solos analisados, foi possível registrar ainda que materiais ferruginosos concrecionários, embora não sejam comuns em ambientes semiáridos, têm sido constatados principalmente em áreas com cobertura pedimentar e em bordas de chapadas.

Notou-se que do ponto de vista químico, em geral, os solos analisados apresentaram reação de pH variando comumente na faixa de moderadamente ácida a moderadamente alcalina (5,3 a 8,3). Entretanto, dependendo do material de origem e da drenagem local os solos dessas áreas podem apresentar reação fortemente ácida (pH < 5,3) ou, fortemente alcalina (pH > 8,3 (BRASIL, 1971; BRASIL, 1973a,b; EMBRAPA, 1975a,b; EMBRAPA, 1976; EMBRAPA, 1977/1979; EMBRAPA, 1979). Este aspecto é importante de ser observado, tendo em vista um estigma usado nos solos do semiárido como sendo altamente salinos e alcalinos. Dessa forma, intervenções como a própria calagem não se faria necessária, porém foi verificado que essa premissa não é exatamente correta em diversos casos em solos da região semiárida.

Mesmo assim, uma particularidade marcante, em conformidade com as condições climáticas regionais, sobretudo onde a drenagem é restrita, é realmente a tendência que os ambientes apresentam para acumular sais (carbonatos e cloretos) e bases. Por isto solos salinos ou em processo de salinização são comuns nos baixios e em terraços aluvionares. Também são dominantes, no semiárido, solos eutróficos (com elevada saturação por bases), exceto nos ambientes com sedimentos muito intemperizados que são comuns nas chapadas, coberturas pedimentares e em bacias sedimentares. Porém como tratado anteriormente, muitas áreas agrícolas não possuem essa característica e precisam de cuidado no manejo, de acordo com a cultura a ser instalada na área.

Os solos classificados nos perfis abertos pertencem à classe dos Argissolos Amarelos Eutróficos plínticos, sendo que apenas um perfil foi classificado como Luvissoilo Crômico Órtico típico. Os Argissolos são originários da alteração do recobrimento sedimentar detrítico-laterítico do Terciário, sobre rochas do Pré-Cambriano. Já os Luvissoilos são originários do retrabalhamento de rochas cristalinas do pré-cambriano. Todos os perfis apresentavam fase não rochosa e não pedregosa, sendo o revelo regional plano a suave ondulado e o local, plano. A erosão passava de laminar ligeira nos Argissolos a laminar moderada no Luvissoilos. Todos os perfis eram moderadamente drenados e estavam sob vegetação de caatinga hiperxerófila.

As classes de solos distinguem-se por atributos diagnósticos, horizontes diagnósticos, características de natureza intermediária de unidades taxonômicas e grupamentos texturais, conforme normas em uso pela Embrapa (2013). Características do meio físico que influenciam o uso e o manejo dos solos, foram utilizadas para a identificação de níveis categóricos mais baixos. Abaixo estão detalhados alguns aspectos dos solos analisados para melhor compreensão das características de cada um presentes na área investigada.

5.4.1. Argissolos

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais argila de atividade baixa (Tb) e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico, sem apresentar,

contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Alissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (SANTOS et al., 2013).

A maioria dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e Bt é, usualmente clara, abrupta ou gradual. Apresentam profundidade variável e são forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e raramente brunados a acinzentados. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre com aumento da argila do A para o Bt (SANTOS et al., 2013).

Normalmente os Argissolos são moderadamente ácidos, alta saturação por bases, predominantemente caulíníticos e com relação molecular Ki variando de 1,0 a 2,3 em correlação com baixa atividade das argilas. Devido a grande diversidade de aspectos que interferem no uso agrícola, como saturação por bases e por alumínio, textura, profundidade, atividade da argila, presença de cascalhos e pedras, além da ocorrência nos mais variados relevos, não se deve generalizar para a classe, como um todo, suas vantagens ou limitações ao uso agrícola (Oliveira et al., 1992). Sendo eutrófico, haverá condições favoráveis para o enraizamento ao longo do perfil porém muitas vezes poderá ser necessário algum tipo de correção, principalmente se a acidez for um aspecto marcante.

De uma maneira geral pode-se dizer que os Argissolos são solos bastante susceptíveis à erosão, sobretudo quando há maior diferença de textura do horizonte A para o horizonte B, presença de cascalhos e relevo mais movimentado com fortes declividades. Neste caso, não são recomendáveis para agricultura, prestando-se para pastagem e reflorestamento ou preservação da flora e fauna.

Se estiverem em áreas de relevo plano e suave ondulado, o Argissolo pode ser usados para cultivo de diversas culturas, desde que sejam feitas correções da acidez e adubação, principalmente quando se tratar de solos distróficos ou álicos. Por conta de grande susceptibilidade à erosão, mesmo em relevo suave ondulado, práticas de conservação de solos são essenciais. A presença de horizonte B textural nesses solos é fator determinante no seu grau de erodibilidade, influenciando a ocorrência de erosão superficial, que, aliada a outras características, como classe textural, transição abrupta entre os horizontes A e B, tipo de estrutura, permeabilidade etc., podem acelerar o desenvolvimento de processos erosivos.

Nos Argissolos, a baixa fertilidade natural e a acidez elevada constituem fatores que limitam a sua utilização para a agricultura, além das limitações decorrentes do relevo, quando é mais acidentado, e da pedregosidade superficial e interna que ocorre em algumas áreas. Os solos álicos e com argila de atividade alta requerem quantidades relativamente grandes de corretivos para eliminar a toxicidade pelo alumínio e suprir as plantas em cálcio e magnésio. Os eutróficos, desde que não abruptos, usualmente apresentam como principal restrição as condições de relevo.

Os aspectos gerais dos Argissolos contribuem para que o processo erosivo se constitua no fator mais limitante nesta classe de solo, pois o mesmo apresenta gradiente textural geralmente alto, principalmente se de caráter abrupto, ou seja, se o teor de argila do horizonte B for muito maior do que no horizonte A. Se for álico ou distrófico, haverá baixo potencial nutricional no horizonte B e se a textura do horizonte A for arenosa haverá baixo teor de água disponível para as plantas, estando ainda sujeito à compactação se o horizonte A for especialmente de textura média ou mais argilosa. Os Argissolos intermediários para Latossolos apresentam aptidão para uso mais intensivo, mesmo apresentando baixa fertilidade natural, por serem profundos.

Os Argissolos estudados são solos com matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA (Santos et al., 2013). Solos desta classe mostram características gerais dos Argissolos, mas foram individualizados, em nível hierárquico imediatamente abaixo, por critério de cor. Desse modo, o horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), apresenta tipicamente coloração amarelada, onde os teores de ferro, em geral são baixos, normalmente inferiores a 70g/kg de solo, com predominância do óxido de ferro goetita. As cores mais freqüentes ocorrem no matiz 10YR com valor e croma maiores que 4. Menos freqüentemente ocorrem no matiz 7,5YR com valor e croma iguais ou maiores que 5.

Apresentam seqüência de horizontes é A, BA, Bt, textura arenosa no horizonte A e média no horizonte Bt. A estrutura é fraca a moderada pequena e pequena granular no horizonte A e moderada média blocos subangulares e angulares no Bt. A consistência do horizonte A, solo úmido é friável e no estado seco duro; enquanto quando molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso e a transição do A para o Bt é geralmente plana e abrupta ou clara. São solos quimicamente pobres, podendo ser distróficos ou eutróficos.

Em relação ao pH é fortemente ácido, com soma de bases trocáveis muito baixa entre 1,4 a 2,0 cmol_c/kg de solo. Portanto são solos de muito baixa e baixa fertilidade natural, que necessitam de adubação e calagem, de preferência usar calcário dolomítico, para produzir boas colheitas.

5.4.2. Luvisolos

São solos constituídos por material mineral, com argila de atividade alta, alta saturação por bases e horizonte B textural ou B nítico imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado ou proeminente, ou E, satisfazendo os seguintes requisitos: horizonte plúntico, se presente não é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural; horizonte glei, se ocorrer, inicia-se após 50 cm de profundidade, não coincidindo com a parte superficial do horizonte B textural (SANTOS et al., 2013).

Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 a 100 cm), com seqüência de horizonte A, Bt, e nítida diferenciação entre horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre os mesmos. A transição do horizonte A para o horizonte Bt é clara ou abrupta, e grande parte dos solos desta classe possui mudança textural abrupta. Podem apresentar pedregosidade na parte superficial e o caráter solódico ou sódico na parte subsuperficial.

O horizonte Bt é de coloração avermelhada, amarelada e menos freqüentemente, brunada ou acinzentada. A estrutura é normalmente em blocos, moderada ou fortemente desenvolvida, ou prismática, composta de blocos angulares e subangulares. São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixos ou nulos, e com valores elevados de Ki no horizonte Bt, entre 2,4 e 4,0, o que denota em geral presença, em quantidade variável, mais expressiva, de argilominerais do tipo 2:1 (SANTOS et al., 2013).

Os Luvisolos são de elevado potencial nutricional, decorrente das altas quantidades de nutrientes disponíveis às plantas e de minerais primários facilmente intemperizáveis ricos em bases trocáveis, especialmente o potássio. Ocorrem em relevo suave ondulado, o que facilita o emprego de máquinas agrícolas, podendo também ocorrer em relevo mais movimentado, podendo chegar a forte ondulado.

As áreas em que estes solos ocorrem são bastante deficientes em água, sendo este o principal fator limitante para o uso agrícola destes solos. Outras limitações decorrem da presença freqüente de calhaus e até mesmo matacões que se espalham na superfície do solo e na camada superficial; consistência muito a extremamente dura, o que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular das culturas; alta erodibilidade, mesmo quando situados em relevo suave ondulado como consequência da coesão e consistência do horizonte superficial e da expressiva mudança textural para o horizonte Bt (OLIVEIRA et al., 1992).

Como ocorrem em áreas de elevada deficiência hídrica anual, é necessário o emprego da irrigação em cultivos menos resistentes à seca. Esta prática requer cautela haja vista a elevada evaporação ocorrente na região semiárida. Devido a estes solos serem ricos em bases e alguns apresentarem grandes quantidades de sódio nas camadas subsuperficiais podem salinizar.

Na área estudada a ocupação destes solos tem sido com pecuária extensiva, palma-forrageira, milho, feijão e cultivo de mandioca. A irrigação, quando necessária, deve ser utilizada nas áreas dos solos menos rasos e de relevo plano a suave ondulado. Apresentam o caráter crômico na maior parte do horizonte B, inclusive BA (SANTOS et al., 2013).

Na área de estudo foi levantado o LUVISSOLO CRÓMICO ÓRTICO típico. São solos que apresentam mudança textural abrupta e coloração variegada e, ou, mosqueados, devidos aos processos de redução e, ou, oxidação no horizonte B, cujas cores não satisfazem os requisitos para B plânico, ou com o horizonte B plânico em posição não diagnóstico para planossolos, dentro de 100 cm de profundidade do solo (EMBRAPA, 2006).

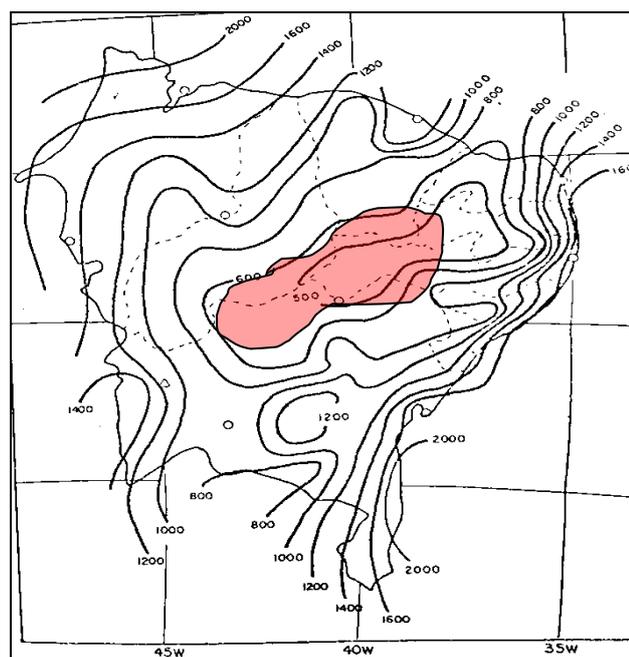
Possuem horizonte A fraco textura areno/argilosa. O horizonte Bt apresenta coloração vermelho-amarelada a brunada nos matizes 2,5YR a 5YR valor 4 a 5 e croma 4 a 6, bem como coloração variegada composta de bruno-forte nos matizes 7,5YR a 2,5Y. Em geral o topo do horizonte Bt é mais avermelhado em relação as demais partes deste horizonte. A transição do horizonte A para o horizonte Bt é normalmente abrupta. Em geral a estrutura no horizonte Bt é moderada a fortemente desenvolvida, prismática, composta de blocos médios a grandes.

A textura do horizonte A é geralmente areia ou areia-franca; a estrutura é fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; a consistência do solo seco é dura e do solo úmido é firme; já no solo molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; A textura do horizonte Bt é franco-argila-arenosa; e a estrutura é moderada média e pequena blocos subangulares e angulares; a consistência é extremamente firme no solo úmido e muito plástico e muito pegajoso no solo molhado. A espessura do horizonte A varia de 0 a 15 cm. Quimicamente apresenta atividade de argila alta e alta saturação por bases com variação de 91 a 97%. A soma de bases trocáveis é média a alta com variação de 5,1 a 9.7 cmol_c/kg de argila. A reação do solo, medida como pH, varia de 6,9 e 7,4.

5.5. Condições climáticas ambientais

O município de Petrolina situa-se no vale médio do São Francisco (Latitude 09° 23' 55" Sul e Longitude: 40° 30' 03" Oeste), no compartimento regional de relevo deprimido (Depressão Sertaneja) e faz parte de um polo xérico expressivo do estado de Pernambuco (Figura 52). Apresenta-se como uma área de baixa pluviosidade média anual de 435mm/ano, aliada a elevadas taxas de evapotranspiração potencial (1520mm/ano, em média) que gera um expressivo déficit hídrico ao longo do ano, repercutindo fortemente nas atividades agrícolas. Segundo a classificação de Köppen (1948), o município possui um clima do tipo BShw – semiárido de baixas latitudes com chuvas concentradas de verão (TEIXEIRA, 2010), ou seja, entre os meses de dezembro e março.

Figura 52. Precipitação média anual no período de 1931 a 1961 para o Nordeste do Brasil. Em vermelho destaca-se a extensão das áreas de menor precipitação anual da região, o Polo Xérico.



Fonte: Adaptado de Strang (1972).

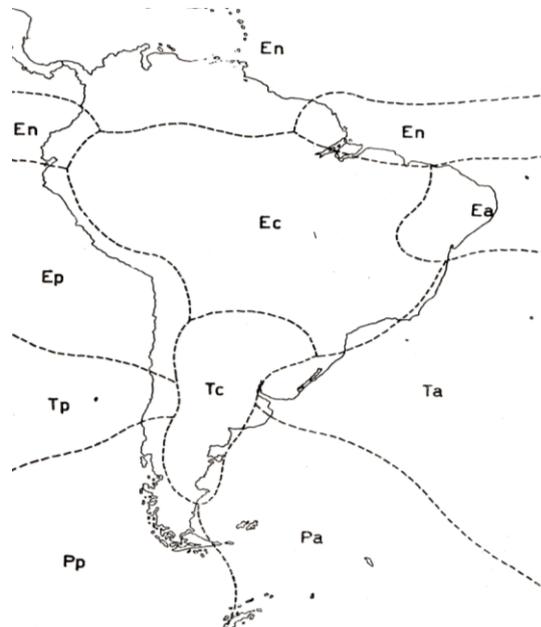
O Polo Xérico, no qual se situa a área investigada, tem a sua existência determinada pela conjugação de dois fatores de natureza geográfica. Em primeiro lugar está a topografia rebaixada (Depressão Sertaneja) que contribui para a subsidência do ar, provocando o aquecimento deste e uma inibição do crescimento vertical das nuvens, que provocariam chuvas mais frequentes. O outro fator, que é o mais importante na determinação da semiaridez local, reside no complexo mecanismo da circulação atmosférica regional.

A causa tida como principal da existência do semiárido nordestino foi, inicialmente, atribuída a um fator de ordem geomorfológica, ou seja, ao “Planalto⁵” da Borborema. Esse compartimento regional de relevo, segundo Andrade (1965), corresponde ao conjunto de grandes e pequenos maciços residuais que foram realçados por interferências de sucessivos aplainamentos embutidos e eminentes sobre a superfície de erosão predominante.

De acordo com esse equivocado esquema explicativo, a umidade advinda do oceano precipitava-se na fachada oriental da Borborema, como efeito da expansão e resfriamento adiabáticos do ar. Os fluxos de ar que mergulhavam em direção às áreas rebaixadas (Depressão Sertaneja) o faziam com baixo teor de umidade relativa. O Sertão semiárido seria, portanto, uma área a sotavento.

Serra e Ratisbonna (1959), estudando as propriedades das massas de ar que agem sobre a América do Sul, identificaram a “massa Equatorial Atlântica (EA)” (Figura 53) que, na opinião desses autores, seria constituída pelos alísios do SE do Atlântico Sul. Houve um equívoco de Serra e Ratisbonna quando denominaram esse sistema de Equatorial, haja vista que a região de origem deste situa-se na periferia oriental do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul. Contudo, esses autores compreenderam que os alísios de sudeste são compostos de duas correntes, uma inferior fresca e úmida e outra superior, quente e seca, caminhando na mesma direção, mas separadas por uma forte inversão de temperatura (SERRA e RATISBONNA, 1959). A célula de altas pressões do Atlântico Sul apresenta-se como o principal centro de ação para o Nordeste do Brasil (MARKHAM, 1972).

Figura 53. Esquema das massas de ar que atuam na atmosfera inferior sobre a América do Sul, segundo Serra e Ratisbonna. Ea significa massa de ar Equatorial Atlântica.



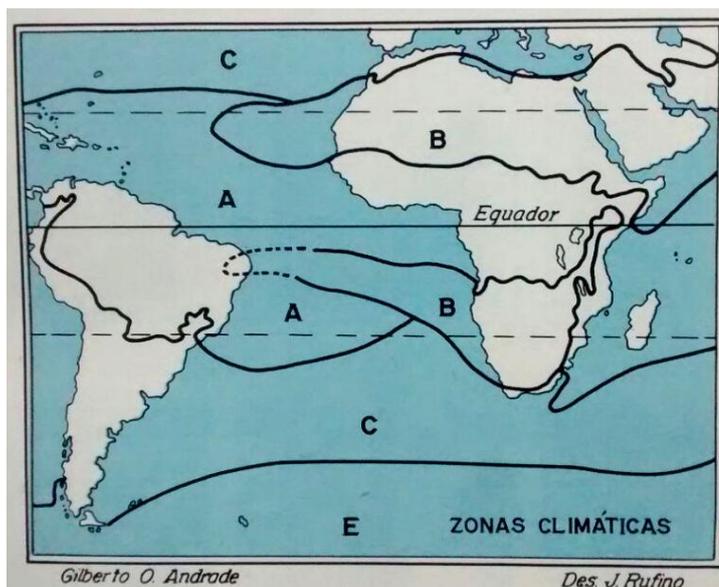
Fonte: Serra e Ratisbonna (1959).

⁵A superfície da Borborema, em face da toponímia regional, ficou conhecida como Planalto da Borborema, como se se tratasse de uma superfície horizontal e homogênea, mas não é o caso, pois tal compartimento de relevo é um saldo de diversas superfícies de erosão altimetricamente escalonadas, daí preferir-se a expressão “Planalto” da Borborema.

Andrade e Lins (1965), no célebre trabalho intitulado “Introdução à Morfoclimatologia do Nordeste do Brasil”, apresentaram a hipótese segundo a qual o semiárido brasileiro é a projeção do ar seco do deserto do Kalahari sobre o saliente nordestino. Esse ar é trazido para Petrolina pelos fluxos dos alísios de SE-E, com uma camada de inversão relativamente baixa. Quanto mais baixa se situa a camada de inversão que caracteriza a estrutura vertical dos alísios, mais seco e estável é o ar. Nisso reside, portanto, a explicação plena da semiaridez do município de Petrolina.

A Figura 54, extraída de um dos mais significativos trabalhos da Climatologia brasileira (Andrade, 1972), mostra a projeção das condições climáticas secas (Grupo B) da parte sul-oriental dos desertos africanos (Namíbia e Kalahari) sobre o saliente nordestino.

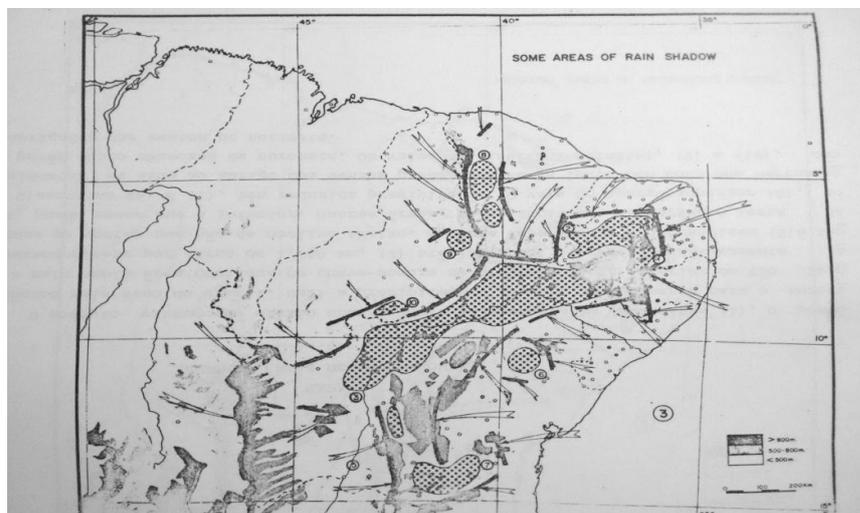
Figura 54. Zonas climáticas da América do Sul, África e Oriente Médio, segundo a classificação de Köppen. Na figura, observa-se a faixa de clima B que se prolonga do Sudoeste da África até o Nordeste brasileiro.



Fonte: Andrade (1972).

Markham (1972) identificou no Semiárido nordestino as áreas de menor pluviosidade. Tais áreas coincidem exatamente com compartimentos de relevo deprimidos e ladeados por elevações topográficas (Figura 55). Na figura é possível visualizar a depressão semiárida do São Francisco, na qual se insere a região de Petrolina.

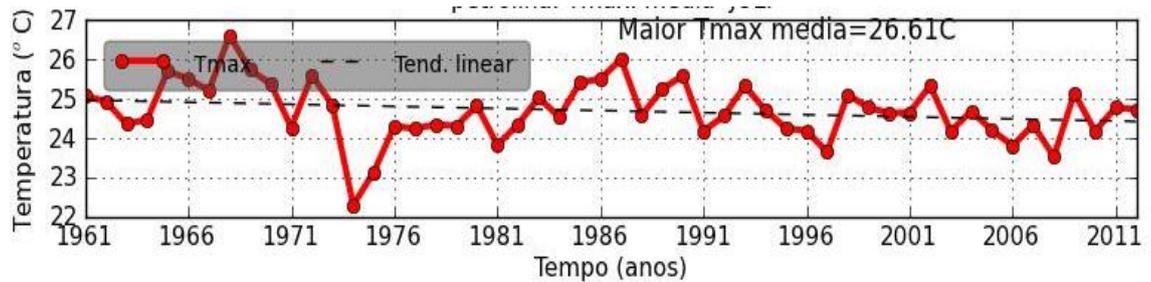
Figura 55. Algumas áreas do Nordeste do Brasil consideradas de “sombra de chuva”. As áreas deprimidas são as pontilhadas. As setas indicam os fluxos de ar.



Fonte: Extraído de Markham (1972).

A depressão sertaneja, em especial, a área na qual se localiza o município de Petrolina-PE, apresenta como uma das características principais, no que concerne à climatologia, as amplitudes térmicas diárias consideráveis. Esse fato, comum em ambientes áridos e semiáridos, decorre da forte radiação noturna e a intensa radiação de ondas longas durante o período diurno. Ao longo do ano as médias térmicas mais baixas verificam-se, sobretudo, nos meses de junho e julho (Figura 56). Esse fato é muito mais uma decorrência da invasão, mesmo que discreta, da Frente Polar do Atlântico (FPA) que remonta os Vales Médio e Baixo do São Francisco, do que mesmo uma variação da inclinação dos raios solares, algo comum em regiões de médias latitudes. Petrolina localiza-se numa faixa de baixas latitudes, ou seja, astronômicamente próxima do Equador Geográfico.

Figura 56. Média de temperatura mínima para o mês de julho entre os anos de 1961 e 2014 em Petrolina-PE incluindo linha de tendência.

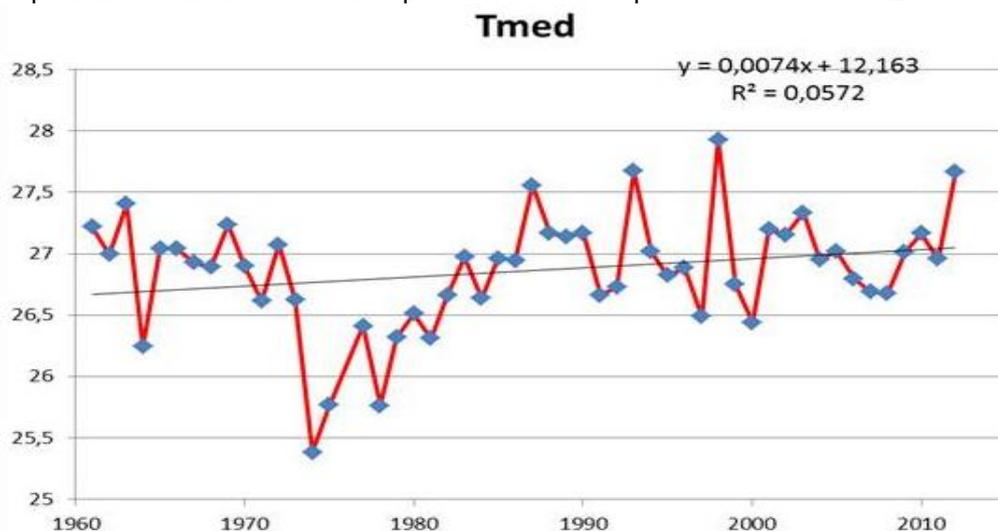


Fonte dos dados: <http://www.inmet.gov.br/>

A média da temperatura mínima do ano de 1975 guarda uma forte correspondência com a invasão da Frente Polar Atlântica (FPA) sobre o Nordeste brasileiro. Essa superfície de descontinuidade causou inclusive pesados aguaceiros na faixa oriental de Pernambuco, cujo saldo foi a ocorrência das maiores enchentes registradas no médio e baixo cursos do Rio Capibaribe.

Em Petrolina, os dados térmicos entre 1960 e 2014 (Figura 57) geraram uma equação de regressão que mostra uma tendência linear positiva ($y=0,00074x+12,163$) ao longo do tempo, que permite a constatação de um maior aquecimento sobre a região. Aquecimento global? Uma decorrência de ações antrópicas locais? Uma investigação mais aprofundada poderá fornecer as respostas.

Figura 57. Temperatura média do ar do município de Petrolina no período entre 1961 e 2014.

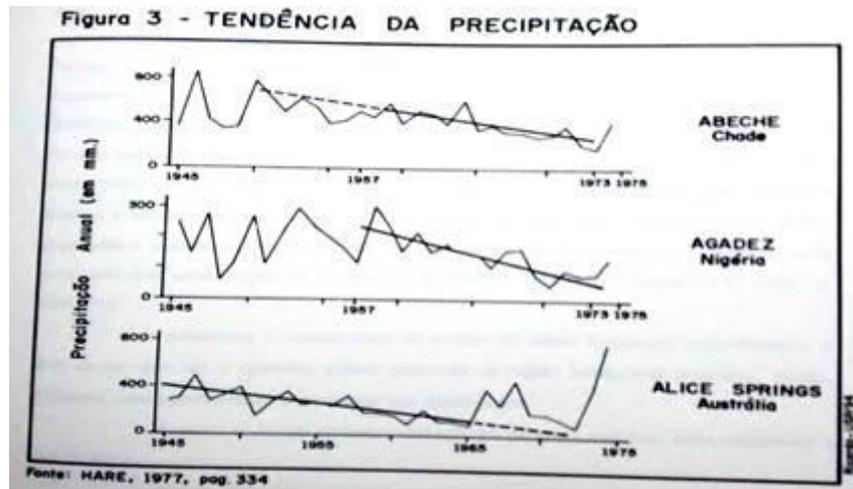


Fonte: INPE.

A precipitação média anual que se verifica no mundo tropical, sobretudo no Brasil e no Continente Africano, é consideravelmente influenciada pelas temperaturas da superfície oceânica, no caso, o Atlântico, principalmente e o Pacífico. Os dados pluviométricos de

diversas estações meteorológicas no Nordeste e em diversos outros países no mundo, mostram ao longo de séries de dados prolongadas, tendência de chuvas, em muitos casos, negativas. Esse tipo de análise estatística serve como instrumental importante, sobretudo para a compreensão das atividades agrícolas. O comportamento das precipitações foi analisado por Conti (1995) em países como Chade, Nigéria e Austrália, apresentando comportamento decrescente ao longo dos anos (Figura 58).

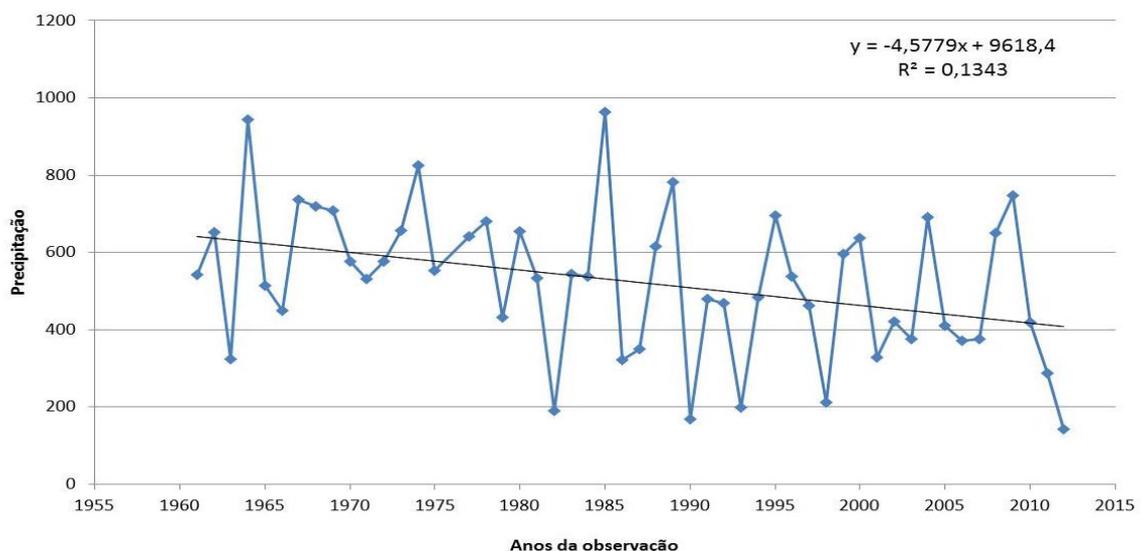
Figura 58. Tendência de precipitação em Chade, Nigéria e Austrália.



Fonte: Conti (1995).

Esta mesma modalidade de análise climática foi aplicada neste trabalho para o município de Petrolina, cujo traço marcante, assim como em outras áreas com clima BShw, é a irregularidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas (Figura 59). Em média, o trimestre chuvoso (janeiro, fevereiro, março) apresenta um índice pluviométrico em torno de 300mm (SUDENE, Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste, SD). Petrolina não foge à regra. No quadro climático semiárido, instalam-se secas de efeitos negativos notáveis sobre a economia, a sociedade e o meio ambiente, com certa periodicidade.

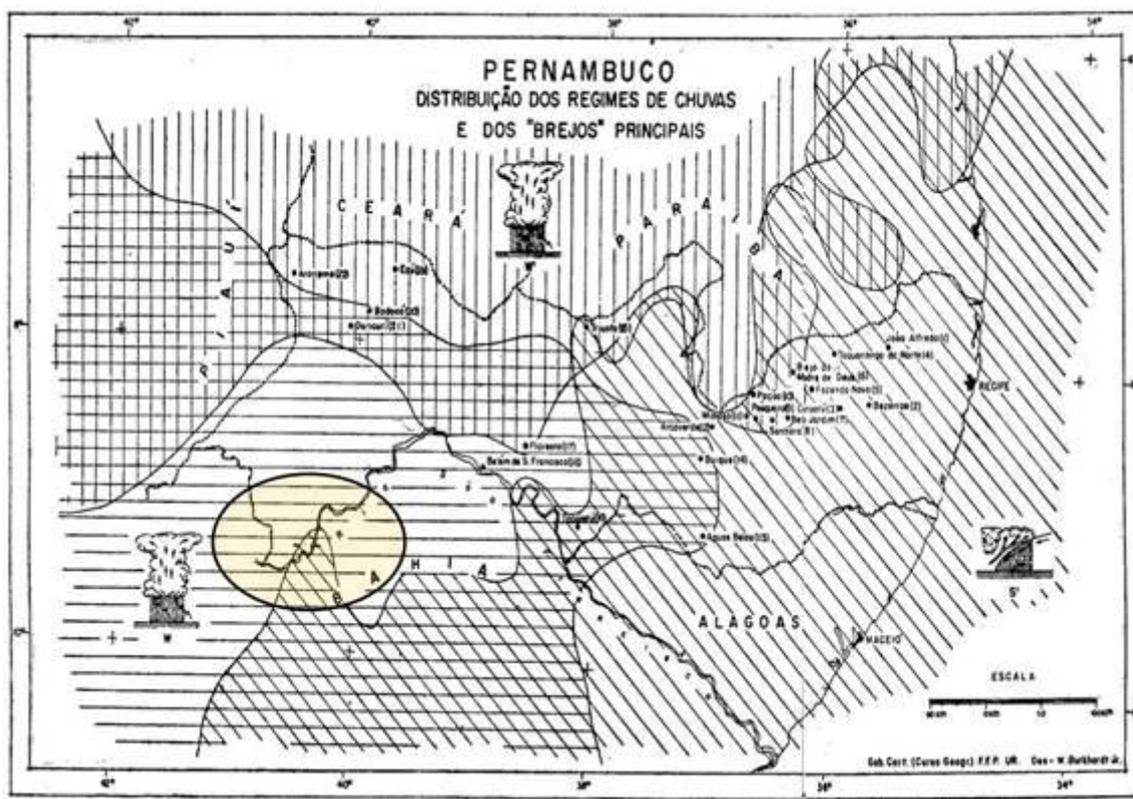
Figura 59. Precipitação em Petrolina entre 1955 e 2015.



Fonte: Dados: APAC (2016)

O regime de chuvas do município de Petrolina é considerado, segundo a classificação climática de Koopen (1948), adaptada para o Brasil por Andrade (1972), como do tipo w, ou seja, chuvas concentradas no verão, conforme ilustrado para o estado de Pernambuco por Andrade e Lins (1966) na Figura 60.

Figura 60. Regime de chuvas para Pernambuco. Onde w=chuvas de verão (provocadas pela ZCIT), w'=chuvas de verão retardadas para outono (determinada pela massa de ar Equatorial Continental) e s'=chuvas de outono-inverno (ocasionada pela Frente Polar Atlântico).

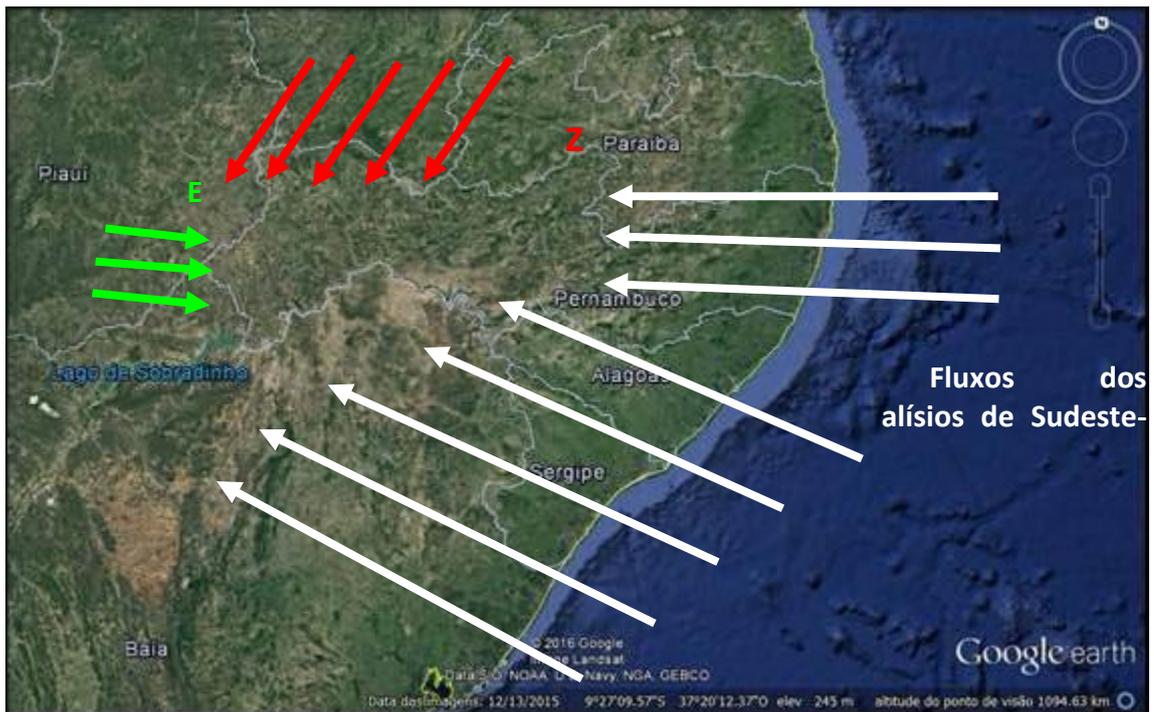


Fonte: Adaptado de Andrade e Lins (1966)

Conforme a Figura 60, adaptada de Andrade e Lins (1966) e ainda ilustrado na Figura 21, o regime de chuvas em Pernambuco é determinado por diversos sistemas atmosféricos, um deles vindo de oeste, mais especificamente originado na Amazônia, e que foi designado como massa de ar Equatorial Continental (EC) (Andrade e Lins, 1964) ou Linhas de Instabilidade de Oeste. A EC é gerada sobre a área de maior umidade relativa da América do Sul, a Hileia Amazônica, ou seja, uma região reunindo condições de temperatura e de umidade (médias térmicas anuais de 24 a 25°C, umidade relativa de 85 a 95%), capazes de individualizar uma massa de ar que, de origem continental, tem propriedades “marinhas” de ar quente e nevoento (ANDRADE E LINS, 1966).

A Figura 61 sintetiza esquematicamente os sistemas atmosféricos que atuam na área investigada na presente tese. Apenas um é de natureza extratropical, que é a Frente Polar Atlântica que no inverno, excepcionalmente, faz incursões no vale médio do São Francisco, provocando chuvas de curta duração e pouco expressivas, em julho. Os fluxos de alísios de sudeste-este são “refrescados” pelas incursões da frente fria que na área em pauta, se mostra bastante modificada.

Figura 61. Esquema dos diversos sistemas atmosféricos atuantes na área de trabalho.

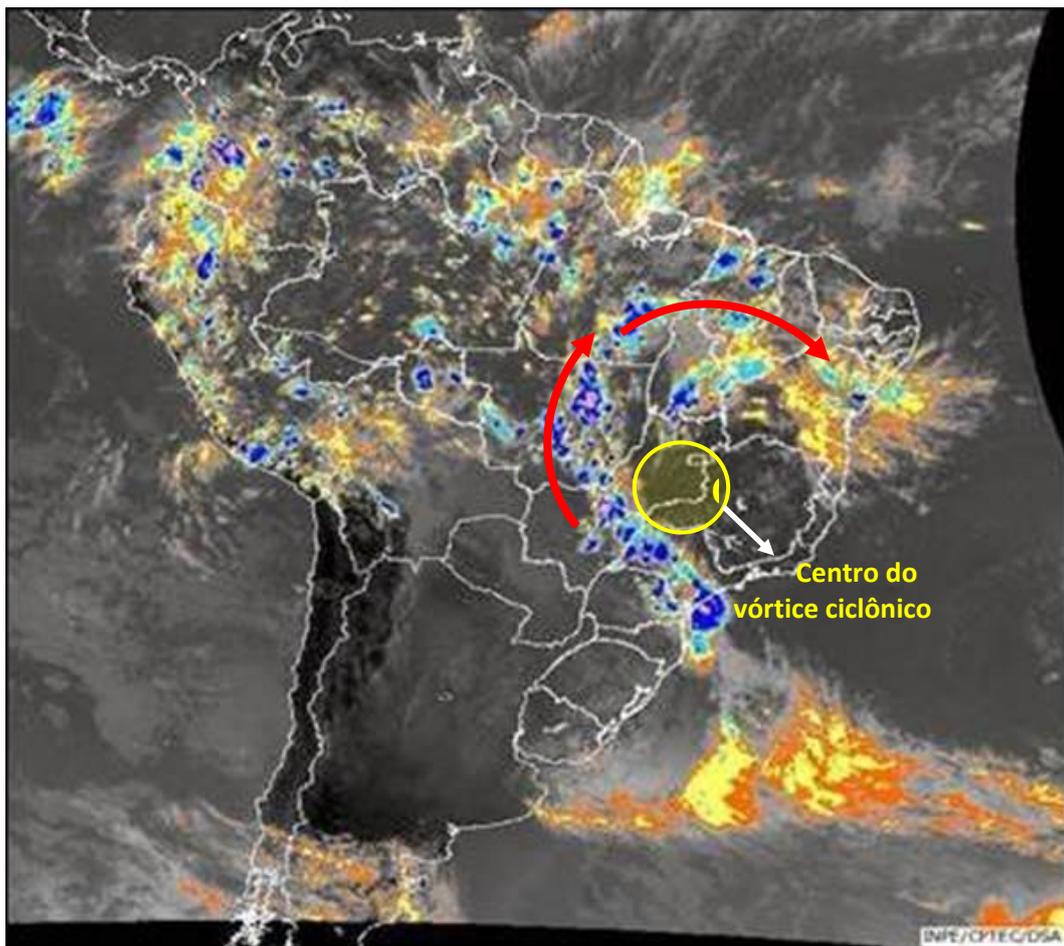


Fonte: adaptado do Google Earth.

A massa Equatorial Continental dilata-se no verão Austral atingindo a porção ocidental da região Nordeste, chegando no estado de Pernambuco até aproximadamente o meridiano que atravessa Arcoverde-PE.

Além dos eventos discriminados anteriormente, dois outros sistemas atmosféricos podem agir, durante o verão, sobre o município de Petrolina, provocando aguaceiros convectivos, acompanhados de relâmpagos e trovões. Esses sistemas são: A Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), conforme pode ser visto na Figura 62. As chuvas do Sertão do São Francisco, como ocorrem nas demais áreas do semiárido Pernambucano, são irregulares no tempo, no espaço e em volume. Os anos mais secos coincidem, em geral, com períodos de menor expansão da massa EC, da não ocorrência de vórtices ciclônicos de altos níveis e da menor migração meridional da ZCIT.

Figura 62. Vórtice ciclônico agindo sobre o nordeste brasileiro. Data: 27 de fevereiro de 2014. A imagem mostra forte nebulosidade responsável por aguaceiros na área de Petrolina e adjacências. O centro desse vórtice que é seco e estável encontrava-se sobre o território baiano (destaque em amarelo).



Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

Nos anos em que a parte periférica de vórtices ciclônicos se instala sobre Petrolina o cultivo da mandioca é beneficiado pelos aguaceiros decorrentes.

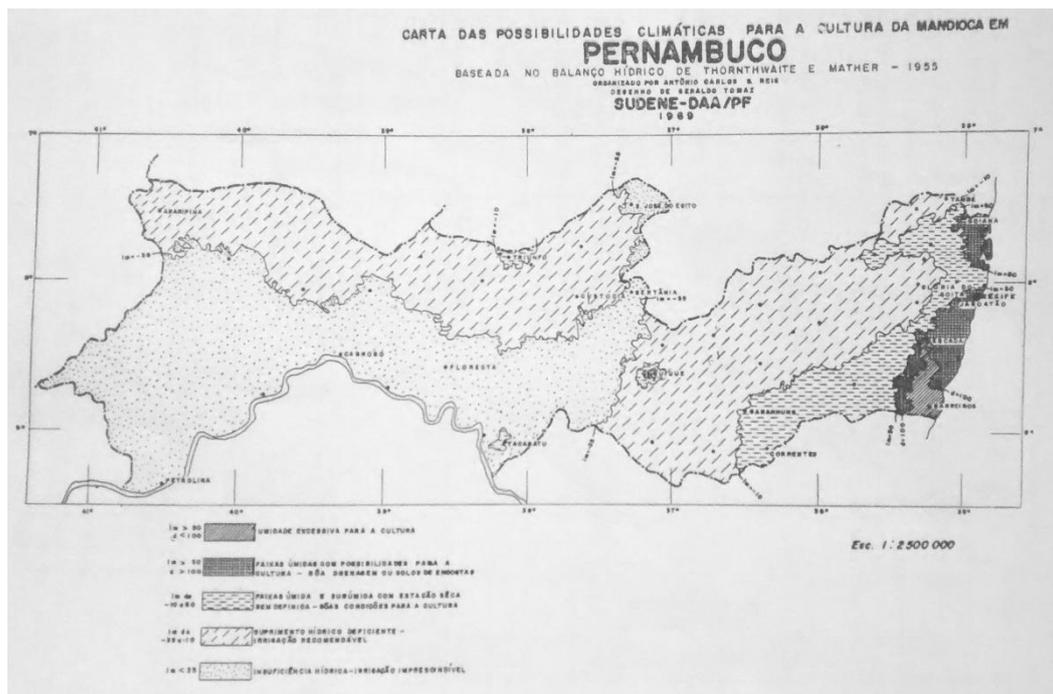
Reis (1970), tomando por base o balanço hídrico de Thornthwate e Mather (1955), elaborou uma carta das possibilidades climáticas para a cultura da mandioca em Pernambuco (Figura 63), trabalho este que pode ser considerado um dos primeiros zoneamentos para a cultura. Esse autor identificou no Sertão pernambucano uma área ampla, que apresenta um Índice Hídrico geral (I_m) < 35 . Trata-se de um espaço com insuficiência hídrica, no qual a irrigação para a cultura da mandioca é imprescindível.

O I_m pode ser assim definido:

$$I_m = \frac{100e - 60d}{n}$$

onde e = excesso hídrico, d = deficiência de água e n = necessidade de água (Evapotranspiração Potencial).

Figura 63. Possibilidades climáticas para a cultura da mandioca.



Fonte: Reis (1970)

A possibilidade climática outrora publicada por Reis (1970) tem atualmente maiores chances de tornar-se diferente para diversas culturas, inclusive para a mandioca, com o advento da irrigação. Este aspecto pode ser claramente observado, por exemplo, na região dos Perímetros Irrigados de Petrolina-PE, como Nilo Coelho, Bebedouro. Além do advento da irrigação, é importante salientar que algumas variedades de mandioca mais adaptadas ao déficit hídrico estão tomando espaço, mesmo nas áreas irrigadas, na busca de maior eficiência hídrica (Silva et al. (2009), Silva et al. (2010)). Apesar disso, o déficit hídrico na região ainda tem sido motivo de redução ou supressão de áreas de diversas culturas, inclusive da mandioca, pois o alto custo do sistema de produção em áreas irrigadas normalmente direciona a escolha do plantio para espécies que tenham maior inserção no mercado, como as frutas frescas, manga e uva. As áreas plantadas com mandioca são bastante irregulares ou quase inexistentes, salvo exceção de espaços ocupados temporariamente com a mandioca de mesa que tem boa aceitação no mercado local e regional. Esses espaços ainda mantiveram-se por conta da verticalização da produção permitindo que as raízes fossem descascadas e congeladas, aumentando o tempo de prateleira do produto e incentivando alguns produtores a plantarem a espécie.

Ao longo da história geológica, o planeta Terra atravessou períodos de expressivas mudanças climáticas, em geral associadas à complexa relação dele com o Sol. No Brasil, como conseqüências indiretas das fases glaciais e interglaciais verificadas ao longo do Pleistoceno, no Período Quaternário, profundas mudanças e flutuações climáticas aconteceram em todas as regiões do país. Essas mudanças se situaram entre fases de climas úmidos e fases de clima seco, sendo que estas últimas se instalaram ao longo dos períodos glaciais. Nos períodos interglaciais, ou seja, as épocas em que aconteceram fases de aquecimento global, os climas no país ficaram mais úmidos ou menos secos, como no Sertão Pernambucano, por exemplo.

Bigarella, Mousinho e Silva (1965), com base em análises dos depósitos correlativos e das feições antigas de relevo, examinaram, com profundidade, as mudanças e flutuações climáticas. As mudanças climáticas, do ponto de vista da Climatologia Geográfica, significam a transformação de um clima, por exemplo, seco em um clima úmido. As flutuações climáticas correspondem a alterações meteorológicas, mas que não implicarão numa transformação do tipo climático. Assim, quando um clima úmido evolui para um clima subúmido, diz-se que houve uma flutuação climática.

Atualmente, vêm sendo divulgadas informações que dão conta de que “uma mudança climática” está sendo operada no mundo, representada por um “aquecimento global”, atribuído “às ações antropogênicas”. As pesquisas realizadas na presente tese direcionadas ao panorama climático revelam dois aspectos. O primeiro é que numa série histórica de dados térmicos e pluviométricos não muito longa, há uma tendência de aumento da temperatura e um decréscimo de pluviosidade na região de Petrolina. Contudo, caso se configure um aquecimento global no planeta e se esse aquecimento repercutir nas temperaturas superficiais do Atlântico Sul, aumentando-as, especialmente ao largo das águas oceânicas nas proximidades do litoral da África do Sul e da Namíbia, é provável que ocorra na região de Petrolina, não um déficit hídrico, mas ao contrário um aumento da pluviosidade no Sertão do São Francisco até o final do século atual. Jatobá e Silva examinaram essa questão no artigo intitulado A dinâmica climática do semiárido em Petrolina – PE, que se encontra submetido para publicação na Revista de Geografia Física.

Acreditamos grande a importância do conhecimento aprofundado e completo da região onde está sendo desenvolvido o trabalho de tese, seja ele numa escala maior, ou mesmo em pequenos espaços, pois só dessa maneira tem-se um pouco mais de informação sobre as consequências do resultado do trabalho e sobre os ambientes locais. Dessa forma, é necessária a continuidade de estudos neste âmbito, geomorfológico e agroclimático para que se possa prever e planejar a agricultura na região de uma forma mais realista.

5.6. O processo histórico de ocupação do espaço regional

O processo histórico de ocupação de qualquer espaço, que transforma este em espaço geográfico é atualmente considerado como um item necessário para a análise geoambiental, haja vista que quando os seres humanos passam a ocupar e a utilizar o espaço natural, promovem modificações sensíveis na paisagem. Percebem-se essas alterações sobretudo na destruição da cobertura vegetal, na aceleração dos processos erosivos, assoreamento dos cursos de água entre outros aspectos da natureza.

A ocupação do interior do Nordeste brasileiro, inclusive o espaço semiárido, segundo Andrade (1979), foi determinada pela necessidade de prover a área açucareira de animais para o trabalho e alimento, e teve origem em duas partes, Salvador e Olinda. Andrade (1979), analisando a ocupação do interior pela expansão da pecuária nos séculos XVI e XVII, considerou dois fluxos de penetração da população. O primeiro, designado Penetração Pernambucana, partiu de Olinda, indo pelas áreas costeiras de PE e Al, adentrando pela margem esquerda do São Francisco e chegando a grande parte do sertão. O segundo fluxo partiu de Salvador-BA pela área costeira e avançou pela margem direita do São Francisco, desembocando na área onde hoje situa-se Petrolina. Tal fluxo foi chamado de Penetração Baiana (Figura 64).

Faz-se necessário reforçar que a pecuária foi o principal fator econômico que motivou a ocupação do interior do Nordeste, no período colonial, e desta ocupação vieram todas as outras formas de trabalho e obtenção de renda que dela foram desdobrados. Ao chegar ao Rio São Francisco, a penetração para o interior de Pernambuco remontou à margem direita até a porção a jusante da então Cachoeira de Paulo Afonso, onde encontrou outros grupos oriundos da Bahia e que da foz haviam alcançado a nascente dos rios Vasa Barris, Itapiaru, Real e Paraguaçu, transposta a chapada Diamantina e descido às margens do grande rio.

Figura 64. Fluxos de penetração da população para o interior do Nordeste, no século XVI e XVII, apresentando a Penetração Baiana (linha contínua) e a Pernambucana (linha pontilhada).



Fonte: Souza (1996)

As condições geográficas e socioeconômicas do semiárido pernambucano foram examinadas ao longo do século XX por diversos autores, tais como Melo (1958), Melo (1978), Melo (1987), Duque (2004) e Andrade (2005). Os rios, na época do início da produção do espaço geográfico nordestino, e em especial o de Pernambuco, desempenharam um papel de grande importância. A propósito, Melo (1987) ao realizar um estudo sobre a tipologia de cidades pernambucanas, salienta que:

“Não é dizer novidade que observar que é em suas seções média e inferior que, graças a uma drenagem mais hierarquizada, os cursos d’água representam caminhos mais definidos capazes de ordenar os fatos representativos da presença e das atividades do homem, inclusive os referentes às localizações do habitat concentrado do tipo urbano (...) Para explicação desse fato, é preciso ter em vista que que às margens dos rios, as áreas cultiváveis limitam-se a uma fímbria estreita ao longo dos cursos, nela se fazendo a cultura dos “baixios” e a chamada das “vazantes”. Atraindo a agricultura, os trechos da rede hidrográfica funcionam como linhas de adensamento do povoamento rural.” (MELO: 1987, p. 194).

O território no qual se insere o atual município de Petrolina teria sido desbravado inicialmente por frades franciscanos, que exerciam a catequese dos índios daquela região.

O processo de ocupação da área do curso médio do São Francisco remonta ainda da caminhada com o gado, nas redondezas das pequenas cidades, em busca de água. A evolução do espaço rural do médio São Francisco passou a seguir uma lógica de mercado para venda de produtos alimentícios frescos quando as primeiras iniciativas começaram a tomar corpo, após a segunda metade da década de 70, quando o DNOCS deu início às áreas e perímetros irrigados do São Francisco. Os projetos da margem esquerda do São Francisco, como o Tourão e Mandacarú ocuparam as terras baianas antes mesmo dos que foram

instalados em Petrolina, porém, mesmo assim, salta aos olhos a modernidade e pujança que a atmosfera Pernambucana exala nas áreas ocupadas com atividade agrícola com irrigação.

A atividade econômica agrícola ao longo de toda a margem do São Francisco, mesmo temporária, foi muito importante para os moradores daquela região, pois permitiu que os mesmos recebessem de forma natural o advento da irrigação. Apesar das experiências com agricultura de vazantes, os irrigantes instalados no início dos perímetros irrigados nem sempre desenvolveram seus negócios de forma sustentável, pois apesar da atividade agrícola ser semelhante, a introjeção na cadeia produtiva irrigada exigiria deles uma maior capacidade empreendedora, o que pouco ocorreu nos primeiros projetos irrigados em Petrolina, como Nilo Coelho e Bebedouro.

5.7. Projetos irrigados instalados na região e o projeto pontal

Os projetos governamentais mais recentemente instalados possuíam uma visão diferenciada dos anteriores, levando em consideração as aptidões de cada morador original da área e permitindo a associação das áreas irrigadas com as áreas dependentes de chuva. Nesse contexto, nasce o Projeto Pontal Norte e nele são reassentados os próprios produtores originais em suas próprias áreas, com direito a um ponto de água com vazão para a criação de animais e participação nas áreas de pulmões verdes, espaços coletivos de produção de forragem para a caprinovinocultura que é a atividade de maior sucesso e retorno financeiro para a área dependente de chuva atualmente. Nessa dinâmica agrícola surgem as dinâmicas sociais, como a compra e venda de esterco da caprinovinocultura e com ela a possibilidade de empobrecimento dos solos locais, motivo pelo qual surgiu a preocupação em resgatar e aprimorar o uso dos resíduos orgânicos nas unidades produtivas, no intuito de reverter esse processo.

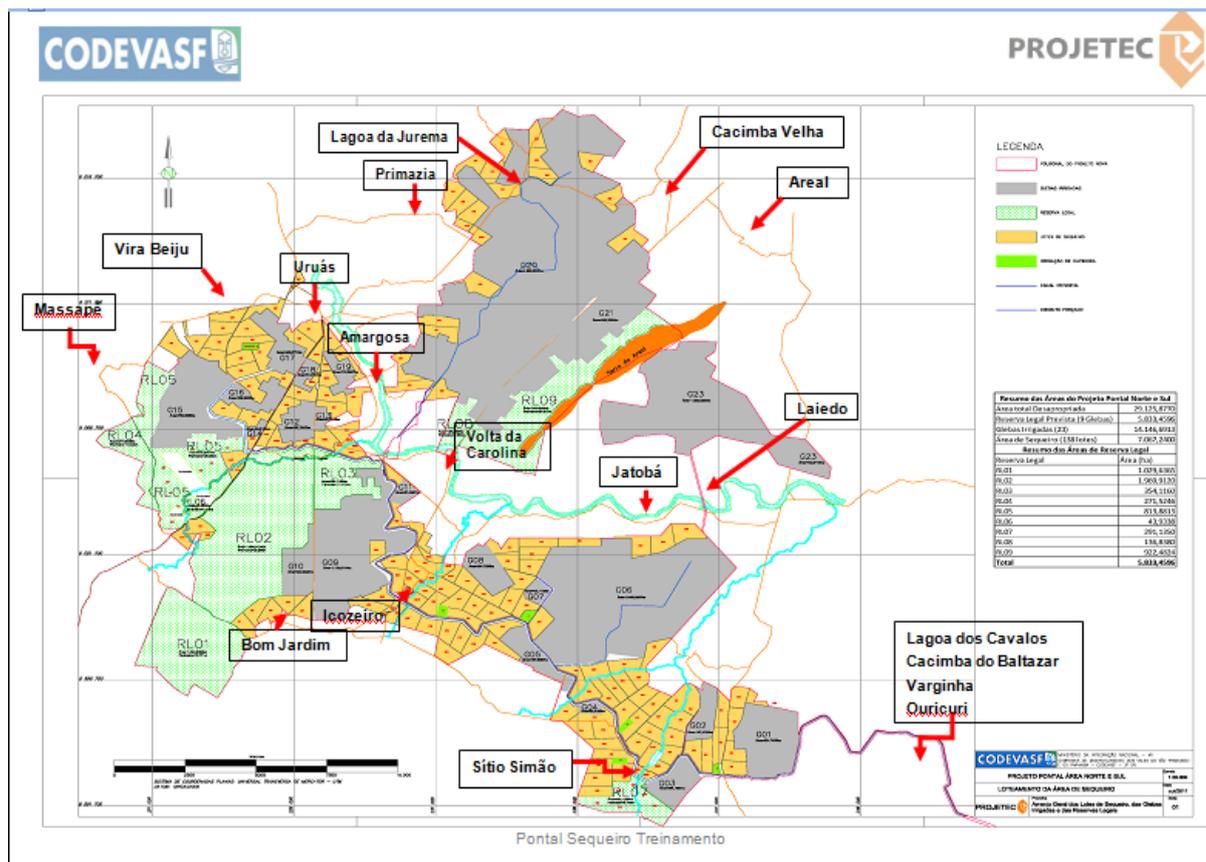
Petrolina é um município localizado no Sertão Pernambucano, nas margens do Rio São Francisco, que em 2010, segundo dados oficiais fornecidos pelo IBGE, possuía uma população de 293.962 pessoas. O Município ocupa uma área territorial de 4.561,872km², com densidade demográfica da ordem de 64,44 hab/km². A última estimativa publicada pelo IBGE aponta para um aumento na população para 331.951 habitantes em 2015, o que resultará numa densidade demográfica de 72,77 hab/km² (IBGE, 2016).

O crescimento do município de Petrolina deve-se principalmente ao advento da ampliação da fronteira agrícola irrigada em seu território, resultante das condições ambientais favoráveis e ações desenvolvidas ali tanto pelo Poder Público quanto pela iniciativa privada. Os projetos de irrigação, iniciados em 1975, colaboraram em muito para a geração de empregos e melhoria da capacidade produtiva agrícola da região, trazendo investimentos de diversas ordens e migração de pessoas de vários locais, estimulando a migração interna populacional.

O Projeto Pontal foi concebido em sua essência de forma diferente de outros projetos, por uma equipe de trabalho com larga experiência em projetos irrigados, causas de fracassos e de sucesso. Por isso a certeza dos ganhos sociais e econômicos com o Pontal como projeto irrigado foi realmente diverso dos outros projetos irrigados, mesmo tendo como intuito o acesso à água para produção agrícola e criação de animais.

No Projeto Pontal, diferente das propostas praticadas em outros perímetros irrigados, a área foi desapropriada e distribuída entre 24 glebas irrigadas, 8 glebas de reserva legal e 147 lotes de sequeiro, além das áreas ocupadas por canais, estradas e obras correlatas (Figura 65). É importante salientar que esses lotes de sequeiro foram ocupados pelas famílias que já viviam na área do Pontal ou os seus descendentes, no intuito de causar menos danos sociais às famílias que ali viviam.

Figura 65. Mapa do Projeto Pontal, destacando as comunidades presentes no espaço geográfico determinado para a instalação do Projeto.



Fonte: CODEVASF

Essas famílias seriam integradas ao sistema produtivo da parceria público privada, objetivada com o projeto, mantendo no entanto a sua residência e atividades anteriormente desenvolvidas como criação de caprinos e ovinos.

A concepção diferenciada do Projeto Pontal trouxe esperança que fosse algo transformador da realidade de centenas de famílias ali viventes (Figura 66). Porém alguns percalços surgidos no processo de reocupação e instalação da empresa âncora no local impediram que o Projeto Pontal se tornasse o que havia sido planejado. Logo após a instalação dos primeiros viveiros de mudas que seriam usados nas áreas empresariais fruto da parceria público-privada (PPP) prevista no projeto houve invasões de terras adjacentes às áreas dos viveiros e depredação destes, com furtos de equipamentos e materiais, inviabilizando o andamento das atividades.

As disputas por terras irrigadas no interior de Petrolina foram uma que pretendia ser o Projeto Pontal, obra de todo o investimento financeiro e humano que já caminhava há mais de 10 anos. A condição socioeconômica das pessoas que vivem no Semiárido, especialmente na região de Petrolina, mostra-se altamente variável do ponto de vista econômico e social. Observam-se nichos de emprego bem remunerado, condições de trabalho favoráveis e promissoras, com índices de qualidade considerável são profundamente paradoxais com as centenas de comunidades dispersas pela caatinga, onde até a água, recurso essencial à sobrevivência humana, é escassa e de péssima qualidade (Figura 67). Vivenciar essas duas realidades, deixa claro o quanto as condições extremas podem levar as pessoas a terem condições de vida totalmente distintas e como isso pode significar o fim de algumas gerações em detrimento da prosperidade e padrão de vida de outros.

Figura 66. Estrada que atravessa o Projeto Pontal, detalhe para o canal de irrigação com água presente.



Foto: Alineaura Florentino Silva

Figura 67. Residências de diferentes características presentes no Projeto Pontal.



Foto: Alineaura Florentino Silva

A adoção de técnicas diferenciadas nos perímetros irrigados, como novos insumos ou mesmo variedades de espécies vegetais ou animais causa normalmente certa apreensão aos produtores, tomados de muita insegurança quanto ao que podem aferir com a atividade agropecuária, frequentemente pouco rentável. Por isso, é essencial que qualquer técnica nova seja partilhada com todos desde a sua primeira visualização até todas as consequências advindas de seu uso. Desse modo, pode-se reafirmar a importância dos trabalhos de pesquisa participativa nos perímetros irrigados, mesmo com o aporte da assistência técnica local, o que favorece ainda mais o entendimento e a adoção das práticas e técnicas demonstradas.

Considerações finais

O propósito deste texto foi o de informar e reunir uma ampla bibliografia sobre um tema que vem sendo o centro das atenções nas ciências ambientais, que a estruturação e dinâmica de paisagens. O estudo da estruturação e dinâmica atual das paisagens pressupõe um entendimento das relações dialéticas entre as variáveis físico-geográficas e a sociedade, daí ser essa interpretação algo de caráter eminentemente interdisciplinar, do qual participam as ciências da Terra e as ciências sociais e econômicas.

A paisagem é um tema que vem despertando um marcante interesse, sobretudo nas Ciências Geográficas e Ambientais, sobretudo pela complexa interação que se estabelece entre os elementos abióticos, bióticos e socioeconômicos presentes nas paisagens das áreas emersas. No Brasil, os profissionais da Geografia tem se dedicado, sobretudo na Universidade Federal do Ceará, a desvendar, mapear e interpretar as paisagens. Dois geógrafos destacam-se nessa tarefa, os professores Edson Vicente da Silva, da UFC, e José Mateo Rodriguez, da Faculdade de Geografia da Universidade de Havana. Ambos têm desenvolvido metodologias específicas para a análise geocológica de paisagem, muitas das quais foram aqui neste texto ressaltadas. Ressalta-se ainda o papel do Geógrafo Carlos Augusto Figueiredo Monteiro nos estudos desenvolvidos pioneiramente no Brasil sobre Geossistemas. Os estudos desse autor contribuíram sobremaneira para a metodologia a ser empregada nas investigações sobre a teoria Geossitêmica.

O estudo dos atributos naturais das paisagens possibilita identificar se na área investigada predomina a morfogênese sobre a pedogênese e vice-versa. Esse é um aspecto relevante da análise geocológica, pois permite constatar ou não se a paisagem encontra-se em equilíbrio ou se este foi rompido por influências naturais ou como decorrência de ações antrópicas. Os estudos de Geocologia de Paisagens demandam sobremaneira a interdisciplinaridade que se estabelece entre inúmeros ramos do conhecimento científico, sobretudo as geociências. Esse fato decorre do fato de que vários elementos dos domínios abiótico, biótico e socioeconômico estão presentes nas paisagens num processo de complexa interação. O emprego de metodologias específicas e de material cartográfico, tais como as imagens SRTM, se faz absolutamente necessário para a delimitação de paisagens, nas mais diversas escalas.

Um dos elementos mais destacado das paisagens é o relevo, cujo estudo da sua compartimentação é uma das preocupações da Geomorfologia, uma geociência que se situa na interseção das ciências geológicas com as ciências geográficas. Foi visto, ao longo do capítulo 2, que as formas e feições de relevo revelam um saldo entre a luta de contrários estabelecida entre fenômenos internos e externos. E mais, mostrou-se a necessidade de se fazer uma divisão não antagônica entre análise morfoestrutural e análise morfoclimática do relevo no qual se originaram e desenvolveram as diversas paisagens naturais. O papel mais destacado da Geomorfologia no estudo das paisagens é o de oferecer os subsídios para a diferenciação destas e, inclusive, delimitá-las e mapeá-las.

Outro aspecto que mereceu destaque no texto foi o tema unidade de paisagem, ou seja, uma área singularizada por aspectos naturais que se mostram relativamente homogêneos. Uma unidade de paisagem individualiza-se a partir da conjugação das variáveis relevo, clima, cobertura vegetal, solos e litomassa. Os limites entre diversas unidades de paisagem apresentam certo grau de complexidade.

Procurou-se, também, aplicar os conhecimentos teóricos, relacionados às unidades de paisagem, à compartimentação das unidades de paisagem existentes, numa escala regional, num amplo espaço singular da América do Sul, que é o Semiárido brasileiro. Cada uma das unidades desse espaço geográfico foi abordada com ênfase em diversos aspectos, tais como: o relevo, as condições, climáticas, os recursos hídricos, os solos, cobertura vegetal e os problemas ambientais mais preocupantes.

A interação entre a temperatura, umidade (do ar, do solo, da planta) e material de origem pode responder muitas dúvidas que surgem nas análises de determinados tipos de solos, nas paisagens tropicais. O que se faz importante verificar são as condições impostas pelo ambiente para determinada espécie vegetal, no caso de atividades agrícolas, e como seriam as soluções para minimizar os efeitos danosos dos excessos. Exemplo disso é o manejo racional mais adequado de vegetais e da fauna, realizado após uma detalhada caracterização ambiental, levando em consideração aspectos geográficos, geomorfológicos, agronômicos, biológicos e, por que não, sócio-econômicos. Sem essa interação, torna-se quase que impossível conviver com desacertos previsíveis numa condição específica, com clima e solos conhecidos, porém numa relação clima-solo-planta na paisagem sempre oscilante, como no caso das condições tropicais.

A abordagem do tema Estruturação e Dinâmica Atual de paisagem, no trabalho que foi lido, revela o quanto é necessária a interdisciplinaridade no estudo das paisagens, que fornece ao pesquisador o procedimento científico mais holístico para a realização de uma regionalização da paisagem.

Bibliografia Consultada

- AB'SÁBER, A.N. As formas de relevo. São Paulo: Edart, 1975
- ALEKSANDROVA, T. D. Fundamentos Geocologicos de la Proyección y Planificación Territorial. Moscou; *Academia de Ciencias de la URSS*, 1989.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817 p.
- ANDRADE, G.O de LINS, R. C. Introdução à Morfoclimatologia do Nordeste do Brasil. Congresso Nacional de Geologia, 17. Recife, 1963.
- ANDRADE-LIMA, D. de. Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco. Recursos Vegetais de Pernambuco. 1970. Secretaria de Coordenação Geral. Conselho
- ANGELOTTI, F.; PETRERE, G. P.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; SÁ, I. B.; MOURA, M. S. B. Cenários de Mudanças Climáticas para o Semiárido brasileiro. In: Iêdo Bezerra Sá; Pedro Carlos Gama da Silva. (Org.). Semiárido brasileiro. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. 1ed.Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010, v. , p. 161-193.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. Modelos de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 95-100, 1993.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global- Esboço Metodológico. **Cad. Ciência da Terra**, São Paulo: IGEO/USP, nº 134, 1971.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço metodológico. Cadernos de Ciência da Terra, 13, USP, 1972
- BEZERRA, F.H.R. Intraplate paleoseismicity in Northeastern Brazil. Anais do SBG, Lençóis, 7 (4): pp. 12-16, 1999
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. ; SILVA, J.X da. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Bol. Paran. Geografia**, nº 16 e 17, p. 43- 84, jun. 1965
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. ; SILVA, J.X da. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Bol. Paran. Geografia**, nº 16 e 17, p. 43- 84, jun. 1965
- BIGARELLA, J. J., BECKER, R.D. e PASSOS, Everton. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.
- CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991.
- DAVIS, W.M. The Geographical Cycle. Geogr. Journ., 14, p. 481-504.
- Embrapa. 2014. Laboratório de Meteorologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/semiario/laboratorios/agrometeorologia> Acesso em: 29 dez 2014.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos .[et al.]. – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. il.
- Enciclopédia Britânica. The Editors of Encyclopædia Britannica Last Updated 6-17-2013. Disponível em: <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/276228/humidity>. Acesso em 29 dez. 2014.
- ERHART, H. La theorie bio-rexistesique et les problemews biogeographiques et paleobiologiques. Soc. Biogeogr., France, CNR (288):43-53, 1956
- FLORENZANO, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FERREIRA, A.de B.; ALCOFORADO, M.J.; VIEIRA, G.T.; MORA, C.; JANSEN, J. Metodologias de análise e de classificação das paisagens. O exemplo do Projeto Estrela. **Finisterra**, XXXVI, 72, 2001. p. 157- 178.

Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação. Maurício Alves Moreira. 3 ed. Atualizada e ampliada. 2011. UFV. **(Procurar)**

GIUDICI, D.S e SOUZA, R. M. Gestión Turística, nº 14, jul-dec, 2010, p. 69-81.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: SBG/MG. Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozóica continental no sudeste brasileiro, Belo Horizonte. Boletim 1:1-31. 1990.

HOWARD, A.O. Pediment passes and pediment problem. **Journal of Geomorphology**, v. 5, 1942

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u2=1&u3=1&u4=1&u1=5> Acesso em 03 janeiro 2015.

JATOBÁ, L. **Análise dialético-materialista da estruturação natural das paisagens contidas na porção centro-oriental de Pernambuco**. Tese (Doutorado). Recife, PRODEMA, UFPE. 2017

JATOBÁ, L. e LINS, R. C. As relações entre elementos e fatores climáticos. In: JATOBÁ, L. (Org.). **O Sistema Climático**. Recife: LIBERTAS, 2012. 114p.

JATOBÁ, L., LINS, R. C. e SILVA, A. F. **Tópicos Especiais de Geografia Física**. 2 ed. Petrolina: PROGRESSO, 2014.

JATOBA, L. ; SILVA, A. F. ; GALVINCIO, J. D. . Climate dynamics of the semiarid region in Petrolina - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 965-984, 2017

JATOBÁ, L.. **Compartimentos de Relevo das sub-zonas da Zona da Mata pernambucana**. In: 5º Congresso Brasileiro de Geógrafos, 1994, Curitiba. Resumos. Curitiba: AGB, 1994. v. 1. p.

JATOBÁ, L. ; LINS, R. C.. **Contribuição ao Ensino dos Aspectos Geomorfológicos da Zona da Mata Úmida de Pernambuco**. In: VI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 1995, Goiânia. Anais. Goiânia: Editora da UFG, 1995. v. 1. p. 247-250.

JATOBÁ, L.; PACHECO, S. Heranças morfológicas de flutuações climáticas na Zona da Mata nordestina. In: **45ª Reunião Anual da SBPC**, 1993, Recife. Anais (comunicações). Recife: SBPC, 1993. v. 1. p. 671-671.

JATOBÁ, L. A compartimentação do relevo. In: **Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SCTMA, 2006. 104 p.

JATOBÁ, L. **A dinâmica das Placas Litosféricas**. Recife: Notas e Comunicações de Geografia, Série B: Textos Didáticos, nº 30, UFPE, DCG, 2002

JATOBÁ, L. **A Geomorfologia do Semiárido**. Tópicos desenvolvidos durante Conferência proferida no Semiárido "Geomorfologia do Semiárido", promovido pelo Instituto de Ecologia Humana. Recife: UFPE, Núcleo de Educação Continuada, 1994. P. 31.

JATOBÁ, L.. As mudanças climáticas do Quaternário e suas repercussões no Mundo Tropical. **Coleção Mossoroense**, Mossoró: Série B, v. 1238, n.--, p. 5-39, 1993

JATOBÁ, L. Aspectos hipsométricos. In: **Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SCTMA, 2006. 104 p.

JATOBÁ, L. Elementos de climatologia e geomorfologia do Trópico Semiárido Brasileiro. Texto de apoio ao curso intensivo "Elementos de Climatologia e Geomorfologia do Trópico Semiárido Brasileiro". Recife: X Encontro Nacional de Geógrafos. 1996. 70p.

JATOBÁ, L. **O Sistema Climático** (Org). Recife: Libertas, 2012, 114p.

- JATOBÁ, L. Relevô. In: **Atlas Escolar de Pernambuco: espaço geo-histórico e cultural.** Coordenador Manuel Correia de Andrade. João Pessoa: Grafset, 2012.
- JATOBÁ, L. **Subsídios à análise dialética da dinâmica das paisagens naturais.** In: SEABRA, G. (Org.), Educação Ambiental: conceitos e aplicações. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.
- JATOBÁ, L., LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia.** Recife: Ed. Bagaço, 2008. 244 p.
- JATOBÁ, L.; APOLÔNIO, D. **Episódio de chuvas de inverno na Região Metropolitana do Recife**, no ano de 1990. In: 1º Encontro Regional de Estudos Geográficos. Anais. Recife: Unicap, 1991.
- JATOBÁ, L.; SILVA, A.F. da.; GOMES, A.L.L. a abordagem interdisciplinar do tema o domínio morfoclimático dos "mares de morros" em pernambuco. **Revista Equador (UFPI)**, Vol.3, nº2, p. 02 - 18 (Julho/Dezembro, 2014).
- JATOBÁ, L.; SILVA, A.F. **Relevô e solos no domínio dos "mares de morros" de Pernambuco.** In: SEABRA, G. (Org). A Conferência da Terra- Agricultura Família , Natureza e Segurança Alimentar. Itaituba: Barlavento, 2014.
- JENNY, H. 1994. Factors of soil formation : a system of quantitative pedology. ISBN 0-486-68128-9. Disponível em: <http://www.soilandhealth.org/01aqlibrary/010159.Jenny.pdf>. Acesso em 29 dez 2014.
- KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. Rev. Bras. Geogr., R. de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956
- KLEIN, C. 1985. La notion de cycle en géomorphologie. Rev. Géol. Dynam. Géogr. Phys., 26(2):95-107
- KÖPPEN, W. **Climatologia.** Mexico: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 278p.
- KOSTENKO, N. P. Aspectos teóricos del analisis geomorfológico estructural. Mexico: Unam, 1991.
- LOPES, P. R. C., OLIVEIRA, I. V. de M., MATOS, R. R. S. da S., CAVALCANTE, Í. H. L. Caracterização fenológica, frutificação efetiva e produção de maçãs 'eva' em clima semiárido no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1277-1283, Dezembro 2012.
- LUCAS, D. D. P., Heldwein, A. B., Maldaner, I. C., Trentin, R., Hinnah, F. D. e SILVA, J. R. da. Excedente hídrico em diferentes solos e épocas de semeadura do girassol no Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.6, p.431-440, jun. 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000600001
- MAJOR, J. **Functional, Factorial Approach to Plant Ecology.** Ecology Volume 32, Issue 3 July 1951.
- MANOSSO, F. C. O estudo da paisagem no município de Apucarana-PR: As relações entre a estrutura geocológica e a organização do espaço. Dissertação (Mestrado em Geografia): Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p. 131. 2005
- MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; GESSINGER, G.I. Relação entre a temperatura do solo e a duração do subperíodo semeadura-emergência em soja. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DA SOJA E OUTRAS OLEAGINOSAS, 1983, Porto Alegre.. Ata. 1983. p. 113-115.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; GESSINGER, G.I.; BERLATO, M.A. Relação entre temperatura do solo e duração do subperíodo semeadura-emergência em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, 1987, Belém. Coletânea de trabalhos apresentados. 1987. p. 115-117.
- MAZZONI, Elizabet. Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. Disponível em <http://www.scielo.org.ar/pdf/esso/v16s1/v16s1a04.pdf>.
- MONTEIRO, C. A. de F. Geossistemas: a história de uma procura. Contexto. São Paulo. 2000. ISBN 87-7244-144-1

- NETO, Antonio de Oliveira. Neotectônica do baixo vale do rio Jaguaribe-Ceará. (Tese de doutorado). UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2007)
- PANAREDA, J.M.C. Estudio del paisaje Integrado. (Ejemplo del Montseny). Barcelona: Revista de Geografía, v. VII, p.157-165, 1973.
- PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L. e MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 11, 1633–1644, 2007
- PENCK, W. **Morphological Analysis of Landforms**. Londres: McMillan, 1953.
- PENTEADO, Margarida. Fundamentos de Geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, 1974.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PREVEDELLO, C. L. Novo método para estimativa da umidade do solo na condição de capacidade de campo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 4 n.3 Jul/Set 1999, p. 23-28.
- REIS, A.C. de S. Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco. Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, CONDEPE, Série 1, Nº1, Agricultura,
- RODRIGUES, G. D. da S.; MOURA, M. S. B. de; SOUZA, L. S. B. de; NASCIMENTO, J. F. do; LEAO, P. C. de S. Reflectância de um vinhedo irrigado no Submédio do Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17.; ENCONTRO DE METEOROLOGIA DOS PAÍSES DO MERCOSUL E ASSOCIADOS, 1.; ENCONTRO SUL AMERICANO DE APLICAÇÕES DO SISTEMA EUMETCast PARA O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO E AMBIENTAL, 4.; ENCONTRO DE METEOROLOGIA OPERACIONAL, 2., 2012, Gramado. Anais... Gramado: UFRGS, 2012. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71149/1/Magan-CBM-2012.pdf>. Acesso em 30 de dezembro de 2014
- ROUGERIE, G. Geographie des Paysages. Paris: PUF, 1969
- SCHAETZL, R. e ANDERSON, S. 2005. Soils Genesis and Geomorphology Cambridge University Press. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. ISBN-13 978-0-511-11104-4.
- SCHÖFFEL, E.; VOLPE, C. Albedo e balanço de radiação da superfície de uma cultura de soja durante o período reprodutivo. São Paulo: Científica, 2000, p.103-114.
- SILVA, Alineaura Florentino. Uso de resíduo orgânico na produção de mandioca em transição agroecológica, no Projeto Pontal, Petrolina-PE. 2017. 194 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- SILVA, A. F.; BARBOSA, A. D.; COELHO, A. I. de A.; SANTANA, L. M. de.; SANTOS, A. P. G. Comportamento de diferentes variedades de alface sob cultivo agroecológico em comunidade do Semiárido Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapari. Agroecologia e territórios sustentáveis. Guarapari: ABA, 2007. 1 CD-ROM. Edição dos Resumos do V Congresso Brasileiro de Agroecologia na Revista Brasileira de Agroecologia, v. 2, n. 2, 2007
- SILVA, A. F.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, A. P. G.; SANTANA, L. M. de; OLIVEIRA, A. P. D. de **Comportamento mandioca de mesa sob adubação, em área dependente de chuva, em Petrolina-PE**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM.
- SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. de A.; SILVA, M. S. L. da; MATOS, A. N. B. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. 4 p. (Embrapa Semiárido. Comunicado técnico, 130).
- SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de; FRANÇA, C. R. R. S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ARAÚJO, C. R. de; AZEVEDO, S. G. de **Produção de diferentes variedades de mandioca em sistema agroecológico**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campinha Grande, v.13, n.1, p.33–38, 2009.

SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de; SILVA, M. M. da; SANTOS, A. P. G.; FRANÇA, C. R. R. S. **Cultivo agroecológico e utilização de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) e pornunça (*Manihot esculenta* Cranz x *Manihot glaziovii*) como plantas forrageiras**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. 39 p. il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 226).

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, A. P. G.; SANTANA, L. M. de; OLIVEIRA, A. P. D. de. Comportamento de variedades de mandioca submetidas a fertilização em comunidades dependentes de chuva no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agroecologia Rev. Bras. de Agroecologia**. 8(3): 221-235 (2013)

SILVA, S. C. da; HEINEMANN, A. B.; ASSAD, E. D.; STONE, L. F.; MORAES, A. da C. **Alteração na geografia do cultivo do feijoeiro conforme aumento da temperatura do ar no Estado do Mato Grosso do Sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17. Encontro de meteorologia dos países do mercosul e associados, 1.; Encontro sul americano de aplicações do sistema eumetcast para o monitoramento meteorológico e ambiental, 4.; Encontro de meteorologia operacional, 2., 2012, Gramado. Anais: programa. Gramado: UFRGS, 2012.

SORRE, M. Les fondements de la Geographie Humaine. Paris: Armand Colin, 1947.

SOUZA R.J.D.; MACÊDO F.S. 2009. **Cultura do alho: técnicas modernas de produção**. Lavras: UFLA. 181p.

SOUZA, M.J.N de. , LIMA, F. A. M. e PAIVA, J. B. compartimentação topográfica do estado do Ceará. Ciên. Agron., 9 (1-2): 77-86 Dezembro, 1979

SUBIRÓS, J.V. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Doc. Anàl. Geogr. 48, 2006. Disponível em: <http://web2.udg.edu/aigua/material/Conceptos%20y%20m%C3%A9todos%20fundamentales%20en%20ecolog%C3%ADa%20del%20paisaje_DAG_48_2006.pdf>

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

TEIXEIRA, A. H. de C., MOURA, M. S. B. de, ANGELOTTI, F. Aspectos agrometeorológicos da cultura da videira. Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 1 – 2a. ed. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica. 2010. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/clima.htm#3. Acesso em: 30 de dezembro de 2014.

THORNBURY, w. D. Princípios de Geomorfologia. Buenos Aires: Editora Kapelusz, 1960.

TRICART, J.; KILIAN, J. **L' éco-géographie et l' aménagement du milieu naturel**. Paris: Maspero, 1979. 325p.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE, 1977.

TROLL, Carl. Die geografischen Landschaft und ihre Erforschung». Studium generale, 3. Heildelberg, Berlín: Springer-Verlag, p. 163-181

TURNER, M.G. Landscape Ecology: the effect of patterns on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 20, 1989.



O propósito deste livro é apresentar uma análise interdisciplinar da estruturação e dinâmica atual das paisagens observadas na superfície terrestre. A interdisciplinaridade é a tônica desse ensaio. Temas como Geocologia de Paisagens, Unidades de Paisagem, Análise Geomorfológica das Paisagens, Unidades de Paisagem do Semiárido Brasileiro, Relação “Clima-Solo-Planta”, Semiárido

Brasileiro, entre outros, são esquadrihados ao longo de cinco capítulos.

O livro é direcionado a professores, pesquisadores e estudantes de Geografia, Ciências Biológicas, Ciências Ambientais, Ciências Agrárias e a pessoas interessadas em compreender como se dá a estruturação das diversas Paisagens. Os autores enfatizaram a linguagem didática, com uma rica seleção de imagens, fotografias, desenhos e gráficos, para explicar uma temática que na essência é bastante complexa.

OS AUTORES

Lucivânio Jatobá é Geógrafo, Ambientalista e Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, pela Universidade Federal de Pernambuco. Leciona, desde 1977, disciplinas relacionadas à Geografia Física nos cursos de Graduação em Ciências Ambientais e Geografia da UFPE. É autor de vários livros de Geomorfologia e de Geografia Física, além de numerosos artigos que tratam de temas relativos à Climatologia, Geomorfologia e Metodologia de Ensino da Geografia.

Alineaurea Florentino Silva é Engenheira Agrônoma, Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba. É Pesquisadora da Embrapa, atuando nas áreas de Agroecologia e Meio Ambiente, Sistemas Alternativos de Produção, desde o ano 2002. Possui vários artigos científicos sobre Agroecologia e Produção Agrícola em condições Semiáridas publicados em revistas especializadas.

editoraitacaiunas.com.br
ISBN:978-85-9535-040-3

