

ADEQUAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ABASTECIMENTO DO LENÇOL FREÁTICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Data de submissão: 31/12/2024

Data de aceite: 05/03/2025

Maria Iza de Arruda Sarmento

Sirlânda da Silva dos Santos

Mateus Santos Ribeiro

Dirlayne Sousa Melo

Avete Vieira Lima

Djalma Santana Neto

Sandra Regina da Silva Galvão

RESUMO: Estudos sobre a utilização e ocupação do território explorado pelos diferentes setores da comunidade, sejam eles urbanos, rurais ou industriais, ligados às particularidades das bacias hidrográficas, são de suma importância para a administração e a durabilidade dos recursos hídricos na região semiárido do Brasil, pois podem ser agentes de modificações nos cursos fluviais. Dessa forma, essa revisão tem como objetivo examinar os trabalhos científicos que abordam a conservação de bacias hidrográficas, além de enfatizar a significância do manejo e ocupação das terras, e seu papel crucial na oferta e segurança das águas

subterrâneas nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro. Nessa vasta área do território é possível observar exemplos notáveis de progresso fundamentados em princípios que outrora eram inimagináveis. Dentre essas ilustrações, ressaltamos a adoção de abordagens distintas na agricultura, a aplicação de tecnologias para o armazenamento hídrico, como as reservas subterrâneas, e outras estratégias que promovem a adaptação ao clima semiárido. Esse fenômeno representa uma transformação de paradigma e ideias sobre a área, diminuindo um futuro no qual mais iniciativas, tecnologias e políticas públicas podem ser testadas e inovadoras na localidade, promovendo um progresso ainda maior na convivência com o semiárido.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias hidrográficas, manejo do solo, recursos naturais.

ADEQUACY OF LAND USE AND OCCUPATION TO SUPPLY GROUNDWATER IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: Studies on the use and occupation of the territory exploited by different sectors of the community, whether urban, rural, or industrial, linked to the

specificities of the watersheds, are of paramount importance for the management and sustainability of water resources in the semi-arid region of Brazil, as they can be agents of alterations in river courses. Therefore, this review aims to examine the scientific works that address watershed conservation, in addition to emphasizing the significance of land management and occupation, as well as their crucial role in the supply and security of groundwater in the semi-arid regions of the Brazilian Northeast. In this vast territory, notable examples of progress based on principles that were once inconceivable can be observed. Among these illustrations, we highlight the adoption of diverse agricultural approaches, the application of technologies for water storage, such as underground reservoirs, and other strategies that promote adaptation to the semi-arid climate. This phenomenon represents a shift in paradigms and ideas about the area, suggesting a future in which more initiatives, technologies, and public policies can be tested and innovated within the locality, further promoting progress in coexisting with the semi-arid region.

KEYWORDS: Hydrographic basins, soil management, natural resources.

1 | INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro é constituído por parte dos estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe) e por parte de um estado da região Sudeste (norte de Minas Gerais), com uma extensão territorial de aproximadamente 1.128.697 km², onde reside mais de 27 milhões de pessoas, distribuídas ao longo dos 1.262 municípios, que fazem o Semiárido brasileiro uma das regiões áridas e semiáridas mais extensas e populosas do planeta (Silva, 2022).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (IMET, 2017), o índice de chuvas nessa região é inferior a 800 mm/ano, as temperaturas médias são em torno de 27° C, a amplitude térmica por volta de 5° C e evaporação média de 2000 mm/ano, tornando a região semiárida brasileira cada vez mais impactada pela escassez de água, e simultaneamente o crescimento econômico e social da região.

O Semiárido brasileiro está inserido no polígono das secas, apresentando elevada taxa de evaporação e amplos períodos de insolação, também está sobre estrutura geológica cristalina, que dificulta o reabastecimento do lençol freático, aumentando o risco de degradação das terras, podendo transformá-las em Núcleos de desertificação (Brasil, 2007; Perez-Marin *et al.*, 2012), contribuindo como um dos principais fatores, para o abandono das áreas rurais.

Atualmente, existe na área de recursos hídricos um grande desafio para os próximos anos, que é de garantir o fornecimento das demandas na quantidade necessária e com a qualidade apropriada para a população das regiões onde a precipitação pluviométrica é menor, além da preservação da qualidade das águas, que vem sofrendo grandes prejuízos em virtude da poluição decorrente das atividades antrópicas.

Algo em comum une mais da metade das áreas com risco ou em estado avançado de desertificação, trata-se da dinâmica de uso e ocupação dos solos dessa região. De acordo com Castro e Santos (2020), o uso das terras agrícolas e das matas secas, característica do bioma, sem planejamento e manejo adequado favorece a degradação dos solos e a redução da biodiversidade nesses ambientes. Outra consequência é o rebaixamento do lençol freático devido a exposição da superfície do solo, comprometendo assim a captação nos reservatórios mais rasos e contribuindo para o baixo potencial hidrogeológico, tornando necessária a construção de reservatórios para reter águas pluviais e, em determinados casos, perenizar rios (Novais *et al.*, 2022).

Outro fator que contribui negativamente para o abastecimento do lençol freático é o crescimento urbano desordenado e desigual nas cidades brasileiras. A ocupação e utilização de grandes áreas para a expansão urbana, para a agropecuária ou para a industrialização multiplicam seus efeitos negativos e deixam seus impactos sobre o ambiente (Magalhães & Barbosa Júnior, 2019). Diante dessa compreensão dos recursos naturais, Santos *et al.* (2020) aponta para urgência de gerenciamento dos recursos hídricos e para acompanhamento no uso e na utilização do solo, principalmente as margens dos rios, a fim de proteger e restaurar as características naturais da terra.

Considerando-se o uso e ocupação do solo na região semiárida brasileira que levam a diferentes alterações no canal fluvial, o objetivo do presente trabalho é analisar as produções científicas sobre a temática de preservação de bacias hidrográficas, bem como destacar a importância do uso e ocupação dos solos e sua importância no abastecimento e preservação das águas subterrâneas em regiões do Semiárido no nordeste do Brasil.

2 | METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica exploratória, com abordagem qualitativa, utilizando o método dedutivo, em que o levantamento de dados foi realizado através de buscas nas principais plataformas de armazenamento de trabalhos científicos, tais como o Portal de periódicos Capes, Google Acadêmico, SciELO e Science.gov, abordando acerca do uso e ocupação dos solos do Semiárido brasileiro. As seguintes palavras-chaves foram utilizadas: 1) lençol freático no Semiárido; 2) uso do solo; 3) ocupação do solo. A pesquisa englobou um acervo de artigos, teses, dissertações, cartilhas e circulares técnicas publicados por pesquisadores ou órgãos empenhados em realizar pesquisas na região semiárida brasileira nos últimos cinco anos.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Semiárido Brasileiro

Historicamente, a delimitação da região semiárida se deu a partir da estiagem da década de 1930-32, onde o Governo Federal tomou uma série de decisões no sentido de fortalecer a IFOCS – Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas e o MVOP – Ministério de Viação e Obras Públicas incluindo em 1932, um crédito de dez mil contos de réis para atenuar os problemas da estiagem que ocorria em boa parte do Norte Seco já que a Região Nordeste como hoje se conhece ainda não existia. Em 07 de janeiro de 1936 publica a Lei Federal 175, delimitando os municípios pertencentes ao SAB, sendo considerado a Certidão de Nascimento da atual Região Semiárida Brasileira, delimitando o que durante muitos anos foi denominado como Polígono das Secas. Além disso, outros marcos legais auxiliaram nas tomadas de decisão e novas demarcações do então Polígono das Secas que, muitas vezes, seguiam critérios mais políticos do que técnicos, em que pese o uso da isoieta de 800 mm de precipitação como critério de decisão (Costa *et al.*, 2020).

Atualmente, segundo a Sudene (1998) a região semiárida é conceituada como o conjunto de lugares contíguos, caracterizados pelo balanço hídrico negativo, resultante de precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 mm, insolação média de 2.800h/ano, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. Caracteriza-se essa região por forte insolação, temperaturas relativamente altas e pelo regime de chuvas marcadas pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período de apenas três meses.

Em 2005, o Ministério da Integração Nacional atualizou a área de abrangência do Semiárido, conforme a portaria ministerial nº 89, de março de 2005 (Brasil, 2005). Para a nova determinação de região semiárida, foram atendidos três critérios técnicos: a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm, um índice de aridez de até 0,5, no período entre 1961 e 1990, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e evapotranspiração potencial; e o risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990.

Considerando os critérios mencionados anteriormente e conforme publicado na Resolução Nº 115/2017 do Conselho Deliberativo da SUDENE, o Semiárido brasileiro atualmente é composto por 1.262 municípios dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e o norte de Minas Gerais (Figura 1). No total, ocupa 12% do território nacional e abriga cerca de 28 milhões de habitantes divididos entre zonas urbanas (62%) e rurais (38%), sendo, portanto, um dos Semiáridos mais povoados do mundo (INSA, 2023).

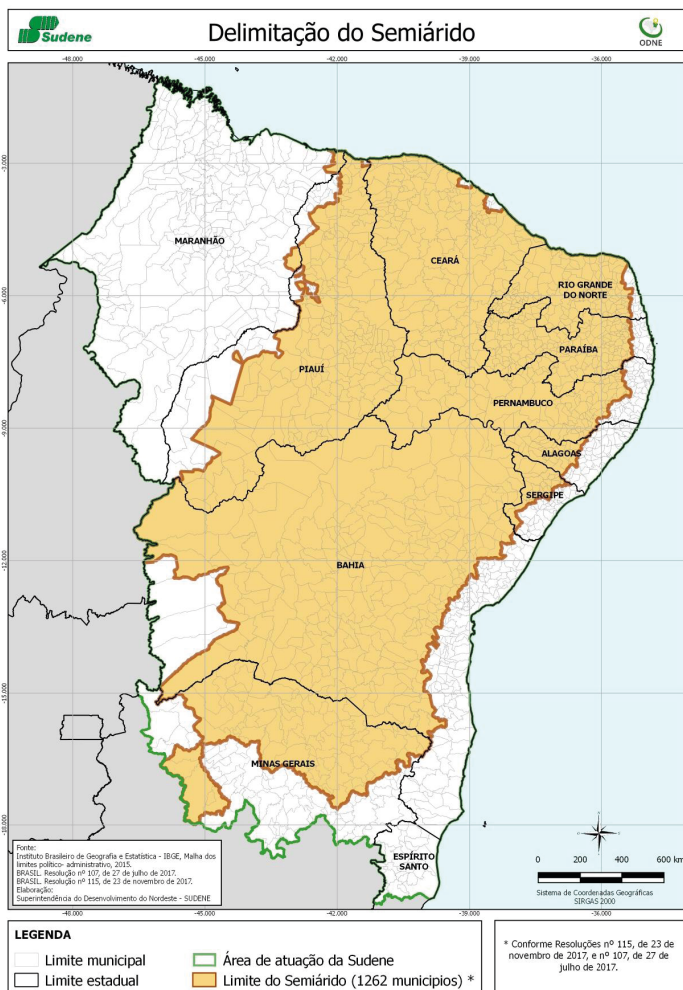


Figura 1 - Delimitação do Semiárido Brasileiro

Fonte: SUDENE, 2017.

A natureza no Semiárido brasileiro é rica e diversa, onde a vegetação é caracterizada pela rusticidade, tolerância e adaptação às condições climáticas da região. A vegetação predominante no Semiárido é de Caatinga e ocupa maior parte do Semiárido, trata-se do único bioma exclusivamente brasileiro e apresenta enorme variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e endemismo. De acordo com Silva (2006), é um bioma com alta biodiversidade, onde se destaca a formação vegetal xerófila com folhas pequenas que reduzem a transpiração, caules suculentos para armazenar água e raízes espalhadas para capturar o máximo de água. Além das cactáceas, destacam-se espécies arbóreas, herbáceas e arbustivas.

A agricultura e a pecuária são as principais atividades econômicas de fixação da população nordestina nas condições do Semiárido (Leite *et al.*, 2018). Cerca de 80% dos estabelecimentos agrícolas nordestinos se enquadram na categoria de agricultura familiar, onde os agricultores e suas famílias dependem majoritariamente das atividades agrícolas para seu sustento (INCRA/FAO, 2000).

Quanto a renda, a comparação do PIB (Produto Interno Bruto) Per Capita dos municípios do SAB com o dos seus respectivos Estados, revela que em todas as parcelas estaduais de semiárido o PIB Per Capita é menor que o PIB Per Capita da UF, mesmo nos estados em que quase a totalidade dos municípios faz parte do Semiárido.

Sendo assim, os dados reforçam assim a observação de que os números dos municípios do Semiárido impactam “negativamente” nas médias estaduais, evidenciando que uma maior atenção à região tem potencial de melhorar indicadores locais e outros mais amplos, com especial atenção a políticas que permitam um desenvolvimento socialmente equilibrado, minorando as desigualdades (Caiçara *et al.*, 2022). Por outro lado, a cadeia produtiva da agricultura familiar é responsável por cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, apresentando relevância econômica nacional, (Guilhoto, 2007).

Por apresentar insuficiência hídrica e chuvas mal distribuídas, a população do Semiárido foi levada a desenvolver e adotar tecnologias sociais de convivência com o Semiárido relacionado ao manejo da água e do solo dentro da unidade de produção, destacando-se os cultivos agroecológicos geradores de novos referenciais de convivência, que de acordo com Brasileiro (2009) é o tipo de agricultura base da adaptação do sertanejo.

Outros métodos de convivência com o Semiárido foram amparados através de políticas de reforçadas pelo Governo Federal, como o programa para captação e armazenamento de água das chuvas, representado pela introdução das cisternas para consumo humano e fornecimento de água para produção de alimentos, por meio do programa Água para Todos, instituído pelo Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011 que apresenta consonância com as diretrizes e objetivos do Plano Brasil sem Miséria (BSM, criado pelo Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011) (BRASIL, 2011), que o precedeu.

Outro exemplo são as cisternas de placa, que consistem em uma tecnologia social de captação de água de chuva, por seu baixo custo e alto valor técnico, cultural e ambiental, o que representa uma solução destinada a garantir água de qualidade para a população rural (Ventura *et al.*, 2013). Assim, tanto as políticas criadas pelos programas governamentais como as metodologias criadas e adotadas pelos próprios habitantes da região consistem em buscar e assegurar o direito à água e à soberania alimentar para as comunidades rurais das regiões semiáridas do Brasil.

3.2 Classes de Solos do Semiárido brasileiro

A diversidade de composições e morfologias dos solos do Semiárido brasileiro é imensa, são solos rasos e pouco profundos (de 50 cm a 100 cm), geralmente pedregosos que contrastam com solos mais profundos e desenvolvidos, geralmente argilosos e com elevada reserva de nutrientes, ou ainda, solos arenosos e com baixa fertilidade, além de solos endurecidos em profundidades maiores e com baixa capacidade de drenagem (INSA, 2023).

Para Pereira & Neto (2014), com raras exceções, os solos do Semiárido brasileiro são pouco desenvolvidos, rasos, de textura média a arenosa, com média a alta fertilidade natural, apresentando limitações ao uso como a deficiência de água e a suscetibilidade à erosão, pedregosidade, rochosidade, salinidade, alcalinidade e drenagem e por muito tempo, foram considerados inviáveis para agricultura, o que impossibilitou a exploração econômica dessas áreas.

A geologia no ambiente Semiárido é bastante variável, porém com predomínio de rochas cristalinas, seguidas de áreas sedimentares. Em menor proporção, encontram-se áreas de cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos (Cunha *et al.*, 2010), sendo esse um dos fatores de formação dão origem a grande diversidade de solos na região semiárida brasileira.

Além da diversidade de material de origem, os diferentes tipos de relevo que variam de plano a forte ondulado e a intensidade de aridez do clima e a atuação dos microrganismos ao passar do tempo deram origem a ocorrência de diversas classes de solo, os quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens e, também, solos evoluídos e profundos. Para Salcedo & Sampaio (2008), embora estejam espacialmente fracionadas, quatro ordens de solo (Latossolos - 19%; Neossolos Litólicos - 19%, Argissolos - 15% e Luvisolos – 13%) (Figura 2), de um total de 15 tipos de solo, ocupam 66% das áreas do Semiárido brasileiro sob vegetação de caatinga, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem.

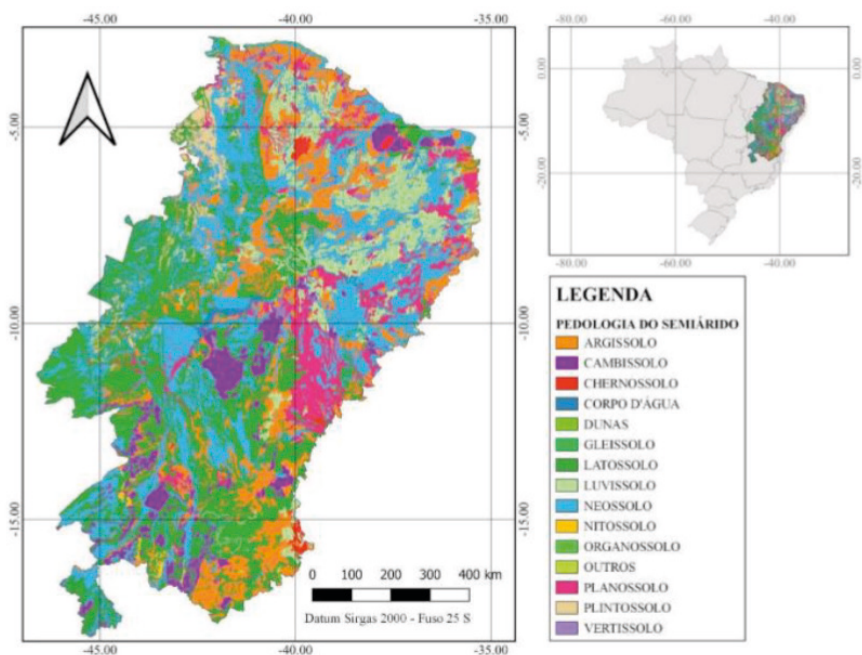


Figura 2 – Mapa pedológico do Semiárido brasileiro

Fonte: Holanda, 2021.

Quanto aos Latossolos (Figura 3-A), tratam-se de solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, apresentam-se visualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização, de modo geral, são normalmente muito profundos, sendo a espessura do solum raramente inferior a 1 m (Santos, 2018).

A segunda classe de solo mais abundante na região semiárida brasileira são os Neossolos, especialmente os denominados na subordem litólicos. Tratam de solos minerais ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (Santos, 2018).

Na Figura 3-B, observa-se o solo formado sob a rocha devido a lixiviação de partículas das partes mais altas, que em associação com a vegetação presente deu origem a uma camada escura, porém, pobre em matéria orgânica.

Em sua descrição no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Santos (2018), descreve que os Argissolos (Figura 3-C) são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico e, uma das suas principais características é um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes, com transição entre os horizontes A e Bt usualmente clara, abrupta ou gradual.

Os Argissolos são de profundidade variável, apresentam alta susceptibilidade a erosão, dessa forma, faz-se necessário a manutenção de cobertura do solo para controle dos agentes erosivos. Além disso, apresentam alta fertilidade, serosidade e porosidade, o que contribui para o desenvolvimento de culturas agrícolas.

Quanto aos Luvisolos (Figura 3-D), compreendem os solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E. Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos, com sequência de horizontes A, Bt e C e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles (Santos, 2018).

A = LATOSSOLO VERMELHO AMARELO; B = NEOSSOLO LITÓLICO; C = ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO; D = LUVISSOLO BRUNO NÃO CÁLCICO.

Figura 3 – Principais classes de solos encontrados no Semiárido brasileiro.

Fonte: Autor, 2018.

Os Luvisolos também apresentam transição para o horizonte B textural de forma nítida ou abrupta, embora grande parte dos solos desta classe possui mudança textural abrupta, podendo ou não apresentar pedregosidade na parte superficial e caráter solódico ou sódico na parte subsuperficial (Santos, 2018), além de ser um solo susceptível a compactação e com alta susceptibilidade a compactação, sendo assim, recomenda-se o uso de pastagens e a rotação de pastos para evitar compactação e perdas de solo por erosão e posterior assoreamento dos corpos hídricos.

Conjuntamente, cabe destacar que, além dos solos descritos anteriormente, outras ordens de solos ocorrem na região semiárida brasileira mas de forma muito localizada, de modo que não podem ser representados cartograficamente em escala muito pequena.

3.3 Uso e Manejo do Solo no Semiárido brasileiro

A exploração desordenada dos recursos naturais no semiárido brasileiro tem causado problemas ambientais cada vez maiores, frequentes e irreversíveis, a exemplo, o manejo incorreto do solo que pode agravar os processos de erosão e consequentemente a formação de áreas em processos de desertificação. Esse tipo de situação leva a perda da capacidade produtiva dos solos, a contaminação dos recursos hídricos, o assoreamento dos mananciais, ocasionando à perda tanto da qualidade da água como a sua indisponibilidade e a diminuição da produção agropecuária, de forma a comprometer a economia global e a qualidade de vida da população (Torres *et al.*, 2007).

Segundo alguns autores, a degradação dos recursos naturais nessas regiões é considerada resultantes da combinação entre o manejo da agricultura e as características do ambiente (Corrêa *et al.*, 2010; Ursulino & Moreno, 2014), que acarretam e aceleram, em conjunto, o desenvolvimento de processos de degradação física e química. Para Arcoverde *et al.* (2018), esses processos são resultantes, principalmente, do emprego de sistemas de irrigação (sulcos e inundação) de baixa eficiência, da utilização demasiada de fertilizantes químicos, e, em muitos casos, condições de drenagem natural desfavorável. Esses fatores, somados à elevada demanda evapotranspirativa e o baixo índice pluviométrico (Corrêa *et al.*, 2010), tornam o processo de salinização dessas áreas mais rápido, o que reflete de forma negativa os atributos físicos e químicos do solo dessas áreas.

Os usos e manejo do solo, sobretudo, os sistemas tradicionais de preparo intensivo, alteram os atributos físicos, e também os teores de matéria orgânica, os quais são os mais sensíveis às modificações (Queiroz *et al.*, 2019). Quando aplicado um questionário no Assentamento Rural de Reforma Agrária Irapuá de Cima, localizado a 38 km do município de Crateús, Ceará, Carvalho *et al.* (2017) verificaram que analisando a aptidão agrícola das terras do assentamento, foi dado destaque às possibilidades de uso da terra com lavouras, pastagem (plantada ou nativa) e silvicultura.

Em pesquisa realizada por Queiroz *et al.* (2019), no Projeto de Assentamento Terra da Esperança, situado no município de Governador Dix-Sept Rosado, no estado do Rio Grande do Norte, inserido na mesorregião Oeste Potiguar, microrregião da Chapada do Apodi e na região semiárida do Brasil, ao observarem áreas sob produção agroecológica, sistema de produção convencional e áreas de mata nativa, verificaram que as áreas de mata nativa e sob uso agroecológicos tenderam a apresentar melhor qualidade estrutural, em função dos maiores teores de carbono orgânico total que atuam na formação dos agregados e consequente armazenamento de água no interior dos mesmos, como também, a ausência de preparo intensivo do solo.

Outra alternativa utilizada nas regiões semiáridas pelos agricultores é a implantação de sistemas agroflorestais, também conhecidos como SAFs, que são caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionados ou não às atividades pecuárias (Lima *et al.*, 2010), e podem funcionar como reguladores da manutenção da qualidade ambiental dos agroecossistemas.

Segundo Iwata *et al.* (2020), na região semiárida os SAFs podem ser considerados uma excelente alternativa, visto que ainda há nessa região fragilidade dos solos quanto ao uso e manejo, historicamente intensivos e baseados no uso do fogo e marcados pela perda de nutrientes do solo, podendo ser potencializados pela combinação de práticas já adotadas na região, como o uso de resíduos orgânicos.

No geral, a manutenção e/ou aumento da matéria orgânica do solo em áreas sob cultivo constitui um grande desafio para a sustentabilidade e qualidade dos solos devido ao efeito positivo da matéria orgânica na melhoria física (Silva *et al.*, 2015), química (Bilibio *et al.*, 2010) e biológica dos mesmos. Neste caso, a matéria orgânica atua como fonte de armazenamento de água no solo e fonte de energia para o crescimento microbiano, favorecendo com isso, a recuperação do equilíbrio biológico do solo e de sua qualidade (Silva *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o aumento de matéria orgânica proporcionado por diferentes sistemas de manejo e uso do solo, tais como as espécies florestais ou gramíneas podem contribuir para implementação de matéria orgânica ao longo do perfil do solo e, conseqüentemente, aumento do armazenamento de água no solo, contribuindo com o aumento da qualidade dos mesmos. Além disso, Iwata *et al.* (2020), relatam que fontes de matéria orgânica como o esterco animal pode ser usado visando fornecimento de nutrientes, bem como a bagana de carnaúba que visa a cobertura do solo e contribui para retenção de água, fundamental para a região, considerando principalmente os períodos longos de déficit hídrico da região em estudo.

3.4 Ciclo hidrológico

A água é um recurso natural mais abundante no planeta terra, sendo um recurso essencial para todas as formas de vida, sendo fornecido pela própria natureza através do ciclo hidrológico, ou seja, é um recurso natural de valor inestimável. Mais que um insumo indispensável à produção, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas (Bezerra *et al.*, 2019).

Uma das principais características desse recurso natural é a sua instabilidade e mobilidade, podendo ser encontrada nas formas sólida, nas regiões glaciais do planeta, na forma gasosa presente na atmosfera e transportado por correntes de ar, e por último, na forma líquida, localizada em oceanos, rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas. Todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização (Tundisi, 2003).

No processo hidrológico, a precipitação é a principal forma de entrada, enquanto a evapotranspiração, o escoamento superficial, o escoamento subsuperficial e percolação estão como as principais formas de saída de água do ciclo (Anache, 2017), podendo afetar o armazenamento de água no solo ao longo do tempo, reduzindo seriamente a produção de culturas irrigadas e dos ecossistemas dependentes das águas subterrâneas.

A evapotranspiração é compreendida como a conversão da água do estado líquido para o estado gasoso, mediante o consumo da energia retida como calor latente, que é liberada durante o processo de condensação. Assim, a energia internada é empregada para a movimentação do ar, permaneceu como um dos componentes energéticos responsáveis pelo alimentador e fortalecimento dos sistemas convectivos.

Segundo Cavalcanti & Mariano (2016), o ciclo hidrológico começa com a evaporação da água da superfície dos oceanos e continentes, juntamente a transpiração da flora e fauna. O vapor resultante é movido pela circulação atmosférica e, sob certas condições, é condensado, formando nuvens que, posteriormente, originaram precipitação. A chuva que ocorre sobre a Terra é distribuída de várias maneiras. Grande parte fica retida temporariamente no solo próximo à queda e eventualmente retorna à atmosfera na forma de vapor através da evapotranspiração. Outra porção da água escoar sobre a superfície do solo, ou através do solo para os rios, enquanto outra parte, penetrando profundamente no solo, suprindo o lençol d'água subterrâneo (Figura 4).

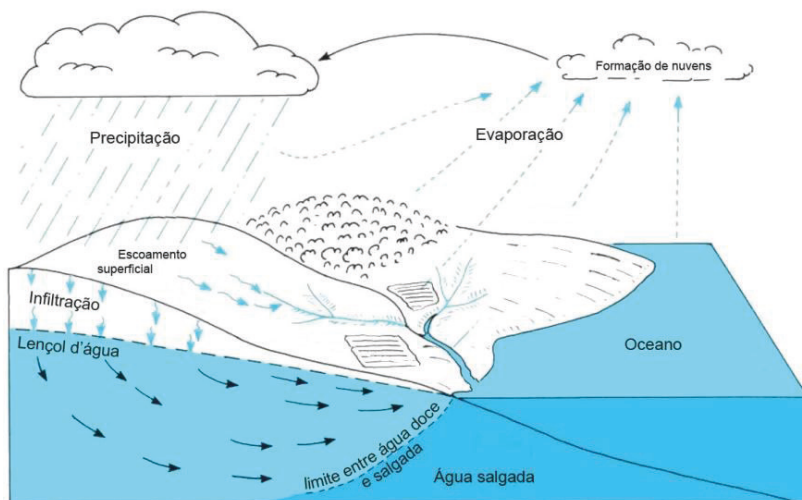


Figura 4 – Ciclo Hidrológico

Fonte: Adaptado de Heath, 2016.

O deslocamento de água na atmosfera é um elemento crucial do ciclo hidrológico, visto que é por meio deste processo que uma grande quantidade de água é transportada, na forma de vapor, de uma localidade para outra. Os oceanos e grandes reservatórios d'água, principais fontes de vapor d'água na superfície da Terra, suprem a atmosfera mediante o processo de evaporação. Os continentes também são afetados por este processo, reduzindo a umidade do solo, até que a precipitação venha repô-la (Cavalcanti & Mariano, 2016), contribuindo para reduzir seriamente a produção de culturas irrigadas e afetar adversamente os ecossistemas dependentes das águas subterrâneas (HU *et al.*, 2019).

3.5 Abastecimento do lençol freático

No semiárido brasileiro, grande parte da população enfrenta dificuldades associadas ao fornecimento de água potável, fato que está diretamente associado as altas temperaturas e os baixos níveis de chuvas, afetando de forma evidente o abastecimento humano e a produção agropecuária da região. Porém, sabe-se que o desenvolvimento das atividades humanas numa região, normalmente reduz a cobertura vegetal nativa, substituindo-a por áreas impermeáveis ou sem proteção, provocando alterações diretas no ciclo hidrológico.

A ação antrópica, como o desmatamento desordenado para a implantação de áreas agricultáveis associada a falta de uso de tecnologias adequadas à conservação do solo, ocasiona sua compactação, assim diminuindo as taxas de infiltração de água, acelerando o escoamento superficial, ocasionando problemas como a erosão, assoreamentos, enchentes, diminuição da disponibilidade das águas superficiais e o rebaixamento do nível do lençol freático (Igam, 2014; Machado *et al.*, 2022).

Segundo Vendruscolo *et al.* (2020), adotar práticas de manejo conservacionistas do solo nas áreas ocupadas com atividades agropecuárias, é uma alternativa para mitigar possíveis problemas com escoamento superficial em períodos de chuva, além de contaminação da água e diminuição do abastecimento do lençol freático. Uma vez que, as modificações na vegetação impactam as características do solo, o que se reflete nas propriedades da água dos rios. Em outras palavras, a existência ou falta de vegetação pode afetar o ciclo hidrológico e as propriedades da água, compreendendo um papel crucial na sustentabilidade ambiental.

As vantagens de se ter uma vegetação preservada são inúmeras, pois reduzem a erosão e o assoreamento e amenizam as enchentes. Ao colher a água da chuva, elas proporcionam condições para que a água nelas represada se infiltre no solo, atingindo o lençol freático. Depois que a água se infiltra por completo, o lençol freático tem seu volume aumentado, favorecendo inclusive o solo ao seu redor, aumentando a produtividade e melhorando a sua fertilidade umedecendo as baixadas, proporcionando uma agropecuária segura e saudável com alimentos de qualidade, além de gerar emprego e renda (Barros & Ribeiro, 2009).

Algumas alternativas de convivência com o semiárido são fundamentais para manutenção do lençol freático nessas áreas, como por exemplo os plantios agroecológicos ou plantio direto, onde garantem revolvimento mínimo do solo; o sistema de integração lavoura pecuária – ILP, onde ocorre a ciclagem de nutrientes através da decomposição do material orgânico depositado; bem como as barragens subterrâneas, que atuam diretamente na manutenção do lençol freático. De acordo com Ximenes *et al.*, (2019) essas tecnologias visam ao maior aproveitamento da água de chuva, de forma a promover o uso eficiente e a manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, além de possibilitar o acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente para nutrir e manter a saúde das famílias da região.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão sobre a adequação do uso e ocupação do solo para abastecimento do lençol freático na região semiárida brasileira engloba diversas outras análises que não foram completamente abordadas nessa revisão. Entretanto, com base no que foi apresentado, é evidente que o semiárido brasileiro não deve ser considerado simplesmente uma região problemática do Brasil ou limitada a uma área visivelmente seca.

Além disso, diante deste extenso território da região semiárida brasileira, é possível observar exemplos notáveis de desenvolvimento que estão baseados em princípios que antes eram impensáveis, dentre esses exemplos, destacam-se a adoção de diferentes tipos de manejo da agricultura, tecnologia de armazenamento de água, como as barragens subterrâneas, e outros botões que favorecem a convivência com o semiárido. Esse fato representa uma mudança de paradigma e de ideologias acerca da região, sugerindo um futuro onde mais ações, tecnologia e políticas públicas possam ser experimentados e implementados na região para que se avance ainda mais para a convivência com o semiárido.

REFERÊNCIAS

Anache, J. A. A. **Alterações no ciclo hidrológico devido aos diferentes usos do solo e variações climáticas em áreas de Cerrado**. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2017.

Arcoverde, S. N. S.; Cortez, J. W.; Pereira, J. de S. Atributos físicos de solos em áreas sob diferentes usos no semiárido baiano. **Holos**, 5, 65–77, 2018.

Assis, P. C.; Faria, K. M. S.; Bayer, M. Conservation Units and their effectiveness in protecting water resources in the Araguaia River Drainage Basin. **Soc nat**, 2022.

BRASIL. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. MMA/Universidade federal da Paraíba. Brasília: MMA, 2007.

Bezerra, V. R.; Lima, C. A. P.; Melo, V.; Albuquerque, M. V.; Montero, L. R. R. Reutilização de rejeito de dessalinizadores na Paraíba. **Mix Sustentável**, 5(1),105- 116, 2019.

Bilibio, W. D.; Corrêa, G. F.; Borges, E. N. Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,v. 34, p. 817-822, 2010.

Carvalho, A. E. M.; Lima, L. A.; Oliveira, L. S.; Costa, M. C. G. Diagnóstico do uso e conservação do solo em região de reforma agrária no semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n. 3, p. 568-573, 2017.

Castro, F. C.; Santos, A. M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, Fortaleza, 2020.

Cavalcanti, E. P.; Mariano, E. B. Tendência do Vapor D'Água na Atmosfera Mediante Dados do NCEP/NCAR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 564–569, 2016.

Corrêa, R. M.; Freire, M. B. G.; Ferreira, R. L. C.; Silva, J. A. A.; Pessoa, L. G. M.; Miranda, M. A.; Melo, D. V. M. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 358-365, 2010.

Heath, Ralph C., Public domain, via Wikimedia Commons, 2016.

Hu, B.; Teng, Y.; Zhang, Y.; Zhu, C. Revisão: O ciclo hidrológico projetado sob o cenário de 936 ppm CO₂ em 2100. **Hydrogeol J**, v. 27, p. 31–53, 2019.

Iwata, B. de F.; Costa, M. C. G.; Leite, L. F. C.; Nascimento, B. L. M.; Almeida, K. S.; Barbosa, D. L. S.; Júnior, E. L. S.; Brandão, M. L. S. M. Manejo de resíduos em argissolo sob agrofloresta no semiárido cearense. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 20702–20716, 2020.

Machado, P. P.; Contarini, L. C.; Rocha, L. S.; Junior, J. L. L. F.; Milaneze, L. A.; Silva, M. A. P.; Martins, L. D. Métodos teórico-práticos de conservação de solo e regulação do escoamento superficial em regiões de transição de altitude. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 8, n. 3, p. 21712–21730, 2022.

Magalhães, R. J. F.; Barbosa, A. R. O valor do serviço de proteção de mananciais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 5, 2019.

Novais, R. P.; Carvalho Júnior, A. P.; Oliveira, M. A. The perennialization of rivers through the construction of dams in the Brazilian northeastern semiarid region. **Geopauta**, v. 6, e. 9401, 2022.

Pérez-Marin, A. D.; Cavalcante, A. M. B.; Medeiros, S. S.; Tinoco, L. B. M.; Salcedo, I. H. Núcleos de desertificação no Semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parceria estratégica**, v.17, n.34, p. 87-106, 2012.

Queiroz, G. C. M.; Silva, F. W. A.; Portela, J. C.; Oliveira, V. N. S.; Santos, M. V. Densidade e resistência do solo à penetração de raízes em agroecossistemas no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 4, p. 497-505, 2019.

Silva, G. F.; Santos, D.; Silva, A. P.; Souza, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25 – 35, 2015.

Silva, J. L.; Ribeiro, E. M.; Lima, V. M. P.; Heller, L. As secas no Jequitinhonha: demandas, técnicas e custos do abastecimento no semiárido de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 22, 2020.

Silva, T. S. Estrada das águas: a circulação rodoviária de recursos hídricos no Semiárido paraibano. 1^a ed. Curitiba: **Appis**, 2022.

Souza, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Volume II (Org.) Mérida Publishers CC-BY 4.0, 2021.

Torres, J. L. R.; Barreto, A. C.; Paula, J. C. Capacidade de uso das terras como subsídio para o planejamento da microbacia do córrego lanhoso, em Uberaba (MG). *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 24, p. 22-32, dez. 2007

Tundisi, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, pág. 31-33, 2003.

Ursulino, D. M. A.; Moreno, M. M. T. Avaliação da qualidade de solos através de indicadores físicos e mineralógicos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 179-186, 2014.

Vendruscolo, J.; Pacheco, F. M. P.; Ramos, H. F.; Cavalheiro, W. C. S.; Rodrigues, A. A. M.; Rosa, D. M.; Hara, F. A. S.; Nascimento, J. M. S. Hidrogeomorfometria da microbacia alto rio escondido: informações para auxiliar o manejo dos recursos naturais na Amazônia ocidental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 9709–9730, 2020.

Ximenes, L. F.; Silva, M. S. L.; Brito, L. T. L. **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019.