



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – SEDE
BACHARELADO EM AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA – DEPA

PAULO ROBERTO DIAS MARQUES JÚNIOR

**A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) E O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA**

Recife, 07 de outubro de 2022.

PAULO ROBERTO DIAS MARQUES JÚNIOR

A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) E O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) submetido à Universidade Federal Rural de Pernambuco – SEDE, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia. Sob a orientação da Profa. Dra. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, e supervisão da Dra. Maria Sonia Lopes da Silva.

Recife, 07 de outubro de 2022.

PAULO ROBERTO DIAS MARQUES JÚNIOR

A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) E O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório
(ESO) submetido à Universidade Federal Rural de
Pernambuco – SEDE, como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dra. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

(Orientadora do Estágio)

Dra. Maria Sonia Lopes da Silva

(Supervisora do Estágio)

Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho

(Diretor do Departamento de Agronomia)

Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto

(Coordenador do Curso de Agronomia)

Recife, 07 de outubro de 2022.

“O mundo não se divide em pessoas boas e más. Todos temos **LUZ** e **TREVAS** dentro de nós. O que importa é o lado em que decidimos agir. Isso é o que realmente somos!”

Sirius Black, Harry Potter e a Ordem da Fênix.

AGRADECIMENTO

Por meio desse relatório de conclusão venho agradecer a todas aquelas pessoas que fizeram parte da minha história acadêmica. Ao meus pais, PAULO e VERA, por acreditarem no meu potencial mesmo nos momentos mais difíceis, principalmente dando amor. Ao meu companheiro de todos os momentos EUGENIO, por ter acompanhado todas as conquistas e frustrações de perto, sempre com paciência e conselhos satisfatórios, além de ter somado com mais uma família maravilhosa que tanto amo. Aos meus irmãos, DANILO e DANIEL, por me ajudarem e apoiarem naquilo que realmente sou, sempre confiando em todas as minhas escolhas e por terem me dado lindos sobrinhos.

Agradeço também imensamente aos amigos da Agronomia e da Biologia, por estarem e compartilharem bons momentos dessa jornada. A CAMILA, MIRELA e ISABELLE, porque são as pessoas que trouxe da UFPE e levarei, ao menos com boas lembranças, por toda a vida. Aos queridos amigos ALEXSANDRA, MARCELLE e, em especial, LIANY, que me apresentaram um dos tantos lados bons da UFRPE. A grande amiga DAYANE, que mesmo não sendo colega de curso, conheci por meio da academia e tenho grande respeito.

Agradecimentos especiais ao pessoal que compõe o laboratório de Química do Solo da UFRPE, pois fazem parte de um dos eixos que norteiam a minha paixão pela pesquisa. Em especial a minha orientadora MARIA BETÂNIA, por não apenas acreditar no meu potencial, como também auxiliar no meu desenvolvimento acadêmico. Aos companheiros de trabalho e amigos de laboratório e da vida MANU, ÍTALO, TIAGO e CINTHYA, com quem pude aprender e compartilhar bons conhecimentos vinculados à Área de Solos. A CLARISSA, LUCCA, LUARA e GIOVANA, por estarem sempre presentes para ajudar e aprender nas atividades diárias do laboratório. A PEDRO pelos ensinamentos durante a bolsa técnica, além da ajuda com novas ideias para elaboração de pesquisas.

Ao pessoal da EMBRAPA Solos de Recife, por serem servidores solícitos, em especial, a minha supervisora MARIA SONIA, por aceitar meu pedido de estágio e auxiliar durante o processo de elaboração deste relatório. A todos os professores que, de alguma forma, trouxeram algum novo ensinamento ao longo da minha jornada na academia, principalmente aos que perfazem a Área de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade, sem eles não haveria possibilidade de nascer esse amor pela Ciência do Solo. Finalmente, ao grande poder divino por sempre interceder nos momentos difíceis, trazendo esperança por dias melhores.

RESUMO

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) possui grande importância para a sociedade brasileira, já que produz diversos produtos, processos e serviços que auxiliam na produção agrícola. No entanto, a sua organização funcional é complexa, sendo importante destrinchar como está formada. Inicialmente, existe a necessidade de traçar o perfil histórico da Empresa, bem como os critérios que permearam suas diretrizes. Em seguida, a sua estrutura e composição atual auxiliam na compreensão de sua funcionalidade, assim como traz a ideia de hierarquia das atividades de cada setor. O assunto mais relevante quando se trata dessa instituição é a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação, isso porque possuem a finalidade de obtenção de resultados que partem de investigação científica. Dessa forma, o entendimento de como esse setor está inserido na EMBRAPA, torna a sua função mais compreensível, demonstrando a sua capacidade de impacto nacional e internacional. Entretanto, para que esses resultados sejam disseminados nos veículos de informação e cheguem até o cliente final, a transferência tecnológica precisa ser bem-sucedida, fato controlado pelas atividades de outro setor da instituição e que exige atenção. No geral, todas as atividades da Empresa passam por um ideal básico, pensado a partir dos fatores que atendem às necessidades da sociedade em integração com o desenvolvimento sustentável, estando atento ao atendimento das principais demandas globais para a atualidade. O estudo da unidade descentralizada da EMBRAPA Solos foi realizado para mostrar o funcionamento que uma unidade possui em âmbito nacional, com expressiva relevância no Nordeste e, em particular, em Pernambuco, por meio da sua Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento (UEP Recife), apresentando duas importantes linhas de pesquisa desenvolvidas pela UEP Recife, como forma de evidenciar seu impacto na região. Ao final de toda a reflexão realizada sobre a importância da EMBRAPA e seus parceiros no desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira, ficou evidente a relevância que esta empresa possui para a sociedade, sendo uma instituição multifuncional, que ocupa espaço importante no setor agropecuário nacional e internacional. Independentemente de conjunturas políticas, é importante a continuidade da EMBRAPA para que suas atividades permaneçam em contínuo processo de desenvolvimento, visando continuar com a promoção da autonomia, igualdade social e diversidade, tanto dos indivíduos como de seus sistemas agrícolas.

Palavras-Chave: Zoneamento agroecológico, Barragem Subterrânea, EMBRAPA Solos, UEP Recife Sustentabilidade.

ABSTRACT

An Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) is of great importance to Brazilian society, as it produces various products, processes and services that assist in agricultural production. However, its functional organization is complex, and it is important to unravel how it is formed. Initially, there is a need to outline the Company's historical profile, as well as the criteria that permeated its guidelines. Then, its current structure and composition help in understanding its functionality, as well as bringing the idea of a hierarchy of activities in each sector. The most relevant issue when it comes to this institution is research, development, and innovation, because they have the purpose of obtaining results that come from scientific investigation. In this way, the understanding of how this sector is inserted in EMBRAPA, makes its function more understandable, demonstrating its capacity for national and international impact. However, for these results to be disseminated in the information vehicles and reach the final customer, the technology transfer must be successful, a fact controlled by the activities of another sector of the institution and that requires attention. In general, all the Company's activities follow a basic ideal, thought factors that meet the needs of society in integration with sustainable development, being attentive to meeting the main global demands of today. The study of the decentralized unit of EMBRAPA Solos was carried out to show the functioning that a unit has at the national level, with significant relevance in the Northeast and in particular in Pernambuco, through its Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento (UEP Recife), presenting two important research lines developed by UEP Recife, as a way of highlighting its impact in the region. At the end of all the reflection carried out on the importance of EMBRAPA and its partners in the sustainable development of Brazilian agriculture, it was evident the relevance that this company has for society, being a multifunctional institution, which occupies an important space in the national and international agricultural sector. Regardless of political circumstances, EMBRAPA's continuity is important so that its activities remain in a continuous process of development, aiming to continue with the promotion of autonomy, social equality, and diversity, both for individuals and their agricultural systems.

Keywords: Agroecological Zoning, Underground Dam, EMBRAPA Soils, UEP Recife, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organograma do funcionamento administrativo da EMBRAPA. Fonte: EMBRAPA (2022b).	12
Figura 2. Mapa do Brasil com foco nas unidades descentralizadas e na sede da EMBRAPA. Fonte: EMBRAPA (2022b).	12
Figura 3. Desenho esquemático da rede nacional de pesquisa agropecuária (a), OEPAS por estado da federação (b). Fonte: Consepa (2022).	14
Figura 4. Sede da EMBRAPA Solos, no Rio de Janeiro – RJ.	14
Figura 5. Sede da EMBRAPA Solos UEP Recife, Pernambuco.	15
Figura 6. Distribuição relativa do quadro pessoal de empregados da EMBRAPA (a), do grau de escolaridade dos pesquisadores (b), dos empregados (c) e dos pesquisadores (d) por região geográfica. Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b).	20
Figura 7. Distribuição relativa do quadro de pessoal em relação ao sexo dos empregados (a), de acordo com a faixa etária (b) e em função do tempo de atividade dentro da Empresa (c). Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b).	21
Figura 8. Esquema do organograma funcional das atividades da EMBRAPA Solos.	33
Figura 9. Porcentagem relativa das funções desempenhadas pelos funcionários da EMBRAPA Solos (a) e da UEP Recife (b).	35
Figura 10. Esquema com a representação de barragem subterrâneas do tipo submersa.	48
Figura 11. Barragem subterrânea submersa do modelo Costa & Melo, com detalhe para o poço e parede de proteção (a), além de plantio de mandioca (b).	49
Figura 12. Esquema representativo dos componentes de uma barragem subterrânea do tipo submersível (a) e seu funcionamento (b).	50
Figura 13. Barragem subterrânea submersível do modelo EMBRAPA, com detalhe para a área de captação e plantio agrícola.	51
Figura 14. Barragem subterrânea submersível do modelo ASA, com detalhe para produção de milho e feijão, sangradouro e caixa d'água (a). Barragem subterrânea submersível do modelo ASA, mostrando parede em finalização, poço e sangradouro (b).	51
Figura 15. Barragem subterrânea submersível do modelo Serra Negra do Norte, construído no leito de rio.	52
Figura 16. Esquema de barragem de assoreamento permeável à esquerda e impermeável à direita.	53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Tipos e quantidades de profissões de empregados da EMBRAPA de acordo com a função desempenhada. Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b) 22
- Tabela 2.** Tipos de capitais e sua breve descrição. Fonte: modificado de Cavalcanti (2015) 26
- Tabela 3.** Níveis de assimilação para completa transferência de tecnologia. Fonte: modificado de Stewart (1992) 26
- Tabela 4.** ODS que compõem o plano de ação elaborado pela ONU. Fonte: modificado de Santos et al. (2018) 29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. HISTÓRIA DA EMBRAPA	16
3. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO	18
4. PARCERIAS INTERNACIONAIS DA EMBRAPA PARA PD & I	23
5. TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA	24
6. A EMBRAPA E OS ODS	27
7. A EMBRAPA SOLOS	30
7.1. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação na EMBRAPA Solos	32
7.2. Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos (PronaSolos)	35
8. A EMBRAPA SOLOS E A UEP RECIFE	37
8.1. Principais Linhas de Pesquisa da EMBRAPA Solos UEP Recife	39
8.1.1. Zoneamento Agroecológico	39
8.1.1.1. <i>Contextualização Geral</i>	39
8.1.1.2. <i>Estudos Literários</i>	41
8.1.2. Barragens Subterrâneas	44
8.1.2.1. <i>Parâmetros Gerais da Tecnologia</i>	44
8.1.2.2. <i>Modelos Conceituais</i>	48
8.1.2.3. <i>Características Edafoclimáticas</i>	53
8.1.2.4. <i>Perspectivas Sociais para uso da Tecnologia</i>	57
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), desde a sua criação até os dias atuais, tem se preocupado em resolver problemas da agropecuária brasileira de interesse da sociedade civil. Vem disponibilizando soluções tecnológicas a partir de suas pesquisas, que são desenvolvidas dentro de um modelo de agricultura e pecuária genuinamente tropical. Como empresa pública oficial de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) do Brasil, está presente em todo o território nacional, fomentando permanente diálogo com agricultores, organizações científicas e lideranças do Estado e da sociedade, sempre pautada na: i) excelência científica em pesquisa agropecuária; ii) qualidade e eficiência produtiva em cultivos e criações; iii) sustentabilidade social, econômica e ambiental; e iv) nas parcerias com o setor produtivo (EMBRAPA, 2022).

O desenvolvimento das soluções tecnológicas da EMBRAPA, perpassa por diversas pesquisas realizadas nas várias áreas das ciências agrárias e correlatas, todas baseadas na perspectiva de gerar inovações no meio rural. Referência mundial em pesquisa e tecnologia agropecuária, a EMBRAPA atua desde 1973 para viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável da agricultura, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias. Lidera uma rede nacional de pesquisa agropecuária que, de forma cooperada, executa pesquisas nas diferentes áreas geográficas e campos do conhecimento científico. Tem o desafio constante de garantir ao Brasil segurança alimentar e posição de destaque no mercado internacional de alimentos, fibras e energia (EMBRAPA, 2022).

A Sede da EMBRAPA está localizada na cidade de Brasília. A Sede é responsável por planejar, supervisionar, coordenar e controlar as atividades relacionadas à execução da pesquisa agropecuária e à formulação de políticas agrícolas. Esse trabalho é realizado por meio de Unidades Administrativas que dão suporte à Diretoria-Executiva da Empresa (EMBRAPA, 2022), como está descrito nas linhas de comando da Figura 1. Para cumprir sua missão, além das unidades administrativas a EMBRAPA dispõe de 43 unidades descentralizadas distribuídas pelo Brasil, os conhecidos Centros Nacionais de Pesquisas (Figura 2).

Os centros temáticos se ocupam especialmente no entendimento e desenvolvimento de tecnologias sobre esse tema, visando principalmente a busca do aumento produtivo. Os centros de produtos por sua vez, estão relacionados com o desenvolvimento de tecnologias para culturas vegetais e/ou animais específicas ligadas ao meio agrícola. Já os centros ecorregionais têm a missão de desenvolver tecnologias para escala espacial de agroecossistemas.

Figura 1. Organograma do funcionamento administrativo da EMBRAPA. Fonte: EMBRAPA (2022b)

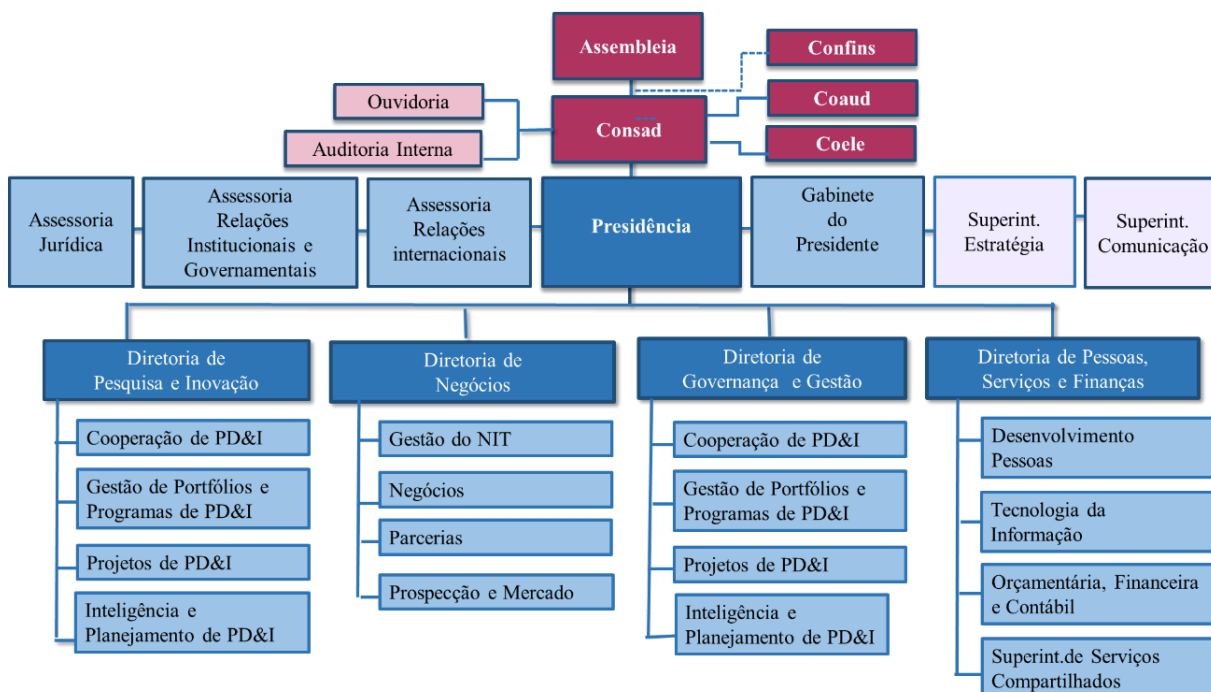


Figura 2. Unidades descentralizadas e sede da EMBRAPA. Fonte: EMBRAPA (2022b)



Entre as 43 unidades descentralizadas merece destaque a EMBRAPA Solos (Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS), sediada na região sudeste do país, no Rio Janeiro, dentro do magnífico Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ). A EMBRAPA Solos (Figura 3b), tem por missão viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira, com base no estudo e no uso racional dos patrimônios solo e água e suas interações com o meio ambiente. Como instituição de referência internacional em solos tropicais, coordena e executa, em todo território nacional, ações que prognosticam e promovem medida preventivas de riscos ambientais em decorrência do uso inadequado dos recursos solo e água.

A EMBRAPA lidera uma rede nacional de pesquisa agropecuária que, de forma cooperada, executa pesquisas nas diferentes áreas geográficas e campos do conhecimento científico. Além das 43 unidades descentralizadas de pesquisa, a rede é constituída por 17 Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAS), universidades, faculdades agrícolas e institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual, além de outras organizações públicas e privadas, direta ou indiretamente vinculadas à atividade de pesquisa agropecuária. (Figura 3a). Dos 27 governos estaduais, 10 não possuem OEPAS (Distrito Federal, Bahia, Ceará, Piauí, Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima).

Imenso é o acervo pertencente à EMBRAPA Solos (Figura 4), com pesquisas que integram os conhecimentos da ciência do solo e da água, com diversos resultados que traduzem a relação entre manejo sustentável e qualidade desses dois recursos naturais. O zoneamento das potencialidades e limitações dos solos que ocorrem no ambiente natural (MARTINS et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2021), assim como o emprego de métodos que aumentem os estoques de carbono do sistema (NOBRE & OLIVEIRA, 2018), são soluções tecnológicas que a EMBRAPA utiliza para geração do manejo sustentável acompanhado do aumento da produção. Com a finalidade de atender às demandas de pesquisa de solo e água da região Nordeste do Brasil, a EMBRAPA Solos dispõe de uma Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento para o Nordeste, com sede na cidade do Recife – a EMBRAPA Solos UEP Recife. (Figura 5).

As pesquisas realizadas pela EMBRAPA Solos UEP Recife têm gerado conhecimentos que ampliam e dinamizam as atividades agropecuárias na região Nordeste. Ao longo dos anos, a EMBRAPA Solos UEP Recife vem sendo responsável pela realização de pesquisas, principalmente, no que diz respeito aos levantamentos sistemáticos de solos em diversos níveis, aos zoneamentos agroecológicos regionais e estaduais, e aos estudos de captação e estocagem de água de chuva para usos múltiplos com a tecnologia social hídrica de barragem subterrânea.

Figura 3. Desenho esquemático da rede nacional de pesquisa agropecuária (a), OEPAS por estado da federação (b). Fonte: CONSEPA (2022)

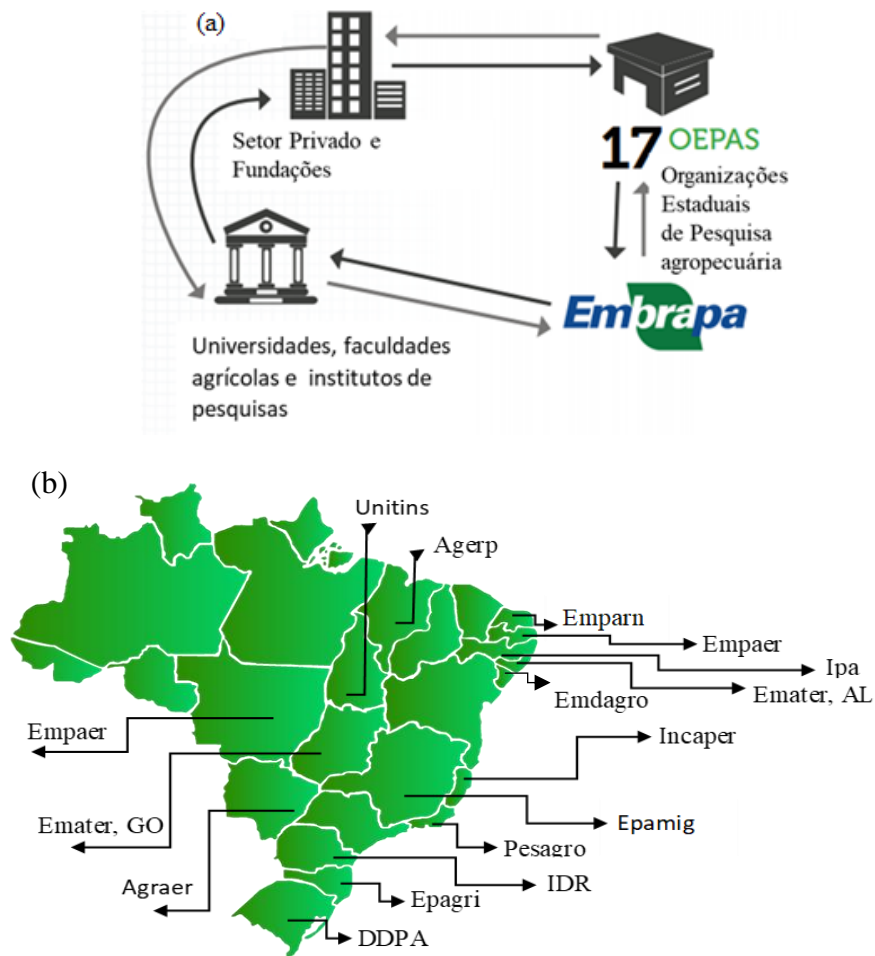


Figura 4. Sede da EMBRAPA Solos, no Rio de Janeiro, RJ



Como toda a EMBRAPA, a EMBRAPA Solos UEP Recife (Figura 5) contribui, também, significativamente com a formação de novos profissionais, disponibilizando suas

instalações e seu quadro técnico-científico para estágios, desenvolvimentos de bolsas, de monografias/relatório de conclusão, dissertações e teses nos temas vinculados a solo e água.

Figura 5. Sede da EMBRAPA Solos UEP Recife, Pernambuco



Nesse sentido, é importante conhecer os estudos, bem como entender a contribuição da EMBRAPA e, especificamente, da EMBRAPA Solos no desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira. Portanto, conhecer a história deste relevante instituto de pesquisa do nosso País, compreender sua estrutura, composição e organização funcional de atividades, é essencial para acadêmicos que aspiram em seu futuro contribuir com a pesquisa e ensino brasileiro.

Diante do exposto, os objetivos desse relatório de conclusão de curso são: levantar o histórico de criação da EMBRAPA com detalhes para a EMBRAPA Solos, demonstrando sua importância como instituição de pesquisa e inovação tecnologia para o desenvolvimento da sociedade; mostrar como a EMBRAPA está estruturada e composta, bem como seus meios de funcionamento; e apresentar breve revisão bibliográfica sobre os estudos de zoneamento agroecológico e da tecnologia social hídrica de barragem subterrânea. Espera-se, com este relatório, contribuir com a disseminação de uma instituição que, juntamente com seus parceiros, entre eles as universidades, é responsável pela geração da ciência e tecnologia, desempenhando importante papel no desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira.

2. HISTÓRIA DA EMBRAPA

A história da EMBRAPA, como instituição pública, está relacionada de forma direta com o estabelecimento e desenvolvimento da agricultura no país, sendo o seu marco inicial traçado pelo processo de intensificação da agropecuária. Esse tipo de situação decorre, também, do fato do aumento da população, já que existe a necessidade de suprimento alimentar. Tal fator se torna importante e preponderante para intervenção de uma agricultura sistematizada, que supra às demandas antrópicas de maneira produtiva e eficiente. O pensamento da produtividade, por sua vez, precisa estar alinhado com a pesquisa e os achados científicos, que fazem com que o conhecimento técnico possa ser aplicado de forma benéfica.

Devido a esse contexto e pautado nas demandas do mercado, surge a necessidade de investimento nas ciências agrárias, fato que já se encontrava em debate por grupos vinculados ao Ministério da Agricultura em meados da década de 1970. Houve, então, a preocupação de se vincular políticas públicas sérias, com o intuito de organizar esse novo eixo que surgia com os seguintes objetivos: funções da agropecuária; produzir legislação específica; identificar limitações e potencialidades, assim como capacitar providência; e traçar formas e fontes de financiamento (CABRAL, 2006).

Após a criação dos grupos especializados para sustentar o desenvolvimento agrícola do país, realizado pelo então ministro, Luiz Fernando Cirne Lima, em 7 de dezembro de 1972, o presidente, Emílio Garrastazu Médici, instaurou a lei nº 5.851 com a autorização de criação da empresa pública denominada de EMBRAPA e que ficaria vinculada ao Ministério da Agricultura. A primeira diretoria da empresa foi do diretor-presidente da EMBRAPA, José Irineu Cabral, que trouxe destaque para causas como programa de capacitação de recursos humanos, geração de tecnologia para médios e pequenos produtores, análise de projetos prioritários, inventário de tecnologias e atenção para áreas territoriais de menor expressão econômica. Abaixo está um trecho da fala do diretor na época em que foi empossado:

“Ambicioso, sem dúvida, será implantar essa Empresa e realizar o seu programa. Tudo indica que teremos uma tarefa difícil e penosa pela frente. Nada mais fascinante, entretanto, para esta geração de administradores, de técnicos e cientistas, de líderes do setor privado, dos produtores e trabalhadores, do que esta missão de construir e desenvolver uma Instituição como esta Empresa que apoie uma agricultura, a um só tempo, moderna e eficiente e instrumento de justiça e progresso social. Há, por toda parte, um desafio para novas atitudes, mentalidade e ação que enfrentem o crescimento urbano brasileiro, os defeitos da estrutura agrária, o aumento da produção, a produtividade e o incremento das nossas exportações. A equipe que assume a Direção desta

Empresa, com a colaboração de todos, o apoio e orientação deste jovem Ministro da Agricultura, aceita este desafio.” (CABRAL, 2005).

As diretrizes de ação da EMBRAPA foram consideradas como pontos importantes para o estabelecimento de suas atividades que, segundo Cabral (2005) são:

- A pesquisa seria ajustada de acordo com os objetivos dos Planos Nacionais de Desenvolvimento, Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do País e com as políticas agrícolas adotadas, que apontará para as prioridades nacionais e regionais. Além disso, haverá seletividade na programação da pesquisa, para evitar problemas como duplicação de ações, fragmentação de recursos ou realização de atividades que não sejam prioritárias.
- A empresa adotará uma orientação que trate de forma integral dos fatores que intervêm no processo produtivo, visto que a produção agropecuária é um complexo que envolve aspectos físicos, químicos, biológicos, sociais e econômicos. Dessa forma, a Empresa antecipava a visão de um setor agrícola organizado e barganhava entre palavras o conceito de cadeia produtiva do agronegócio.
- Para formulação de estratégia de tecnologia agropecuária, será adotada posição de acordo com as necessidades do desenvolvimento nacional. Podendo importar tecnologia quando conveniente, entretanto, proporcionando recursos para criação de tecnologias próprias e com as exigências internas, além de competir com o mercado internacional.
- Para aproveitar os recursos disponíveis, a EMBRAPA buscará cooperação e dará apoio aos diferentes organismos que perfazem a pesquisa agropecuária.
- Haverá preocupação em permitir que a tecnologia disponível, chegue de forma rápida e acessível ao produtor agrícola, com um eficiente esquema de serviços de extensão agrícola e assistência técnica no país.
- Nenhuma outra instituição que tenha as mesmas diretrizes da EMBRAPA, pode prescindir de uma política de estímulo, seleção e aperfeiçoamento aos seus recursos humanos. Nessas condições, a Empresa deve adotar um programa de curto e longo prazo para mobilização de corpo técnico e estável, com o difícil exercício da função de pesquisador, devendo ainda o sistema nacional de ensino das ciências agrárias exercer papel único nessa formação.
- Adoção de estrutura que abrigue em nível nacional as funções de estabelecimento de suas diretrizes, fixação de normas de programação, seleção de prioridades e de controle

e avaliação de resultados. Assegurar, também, a descentralização da execução de programas e projetos de pesquisa, através de planos regionais.

- Estará atenta às inovações tecnológicas e científicas que se vinculam à pesquisa agropecuária, como forma de adoção dos mecanismos modernos da informação e documentação científica, em âmbito nacional e internacional.

Na época, existia também a necessidade de pessoal qualificado para realizar as atividades do setor agrícola, algo que era debatido fortemente pela extensão rural. Devido a isso, na mesma reunião de posse do primeiro diretor, onde foram discutidas as diretrizes da EMBRAPA, foi decidida a execução do audacioso projeto de treinar 2.000 pesquisadores com pós-graduação (CABRAL, 2005). No final do mesmo ano, uma portaria executiva encerrou as atividades do Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação (DNPEA), que teve sua estrutura composta por 92 bases herdadas pela EMBRAPA. Foram 9 sedes de institutos regionais, 70 estações experimentais, 11 imóveis e 2 centros nacionais, que permitiram à EMBRAPA iniciar sua fase de operacionalização em nível federal.

O histórico traz detalhes importantes para compreender o porquê de a EMBRAPA ser uma instituição complexa, já que seus efeitos são repercutidos em todo o país. Isso decorre, também, de sua organização, que atua na facilitação do funcionamento de cada parte que integra o seu sistema. Por esse motivo, é evidente a importância de se compreender como a Empresa está estruturada e composta, para que seja traduzido o papel que cada setor possui nas realizações das atividades a que compete sua responsabilidade, ambas baseadas em suas diretrizes.

3. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO

Atualmente a EMBRAPA conta com diversas unidades em todas as regiões do Brasil, que se capacitam muitas vezes em produtos ou áreas específicas do setor agropecuária, com a finalidade de promover o desenvolvimento local a partir de suas prioridades. Abaixo estão elencadas todas as unidades por região federativa (Figura 2):

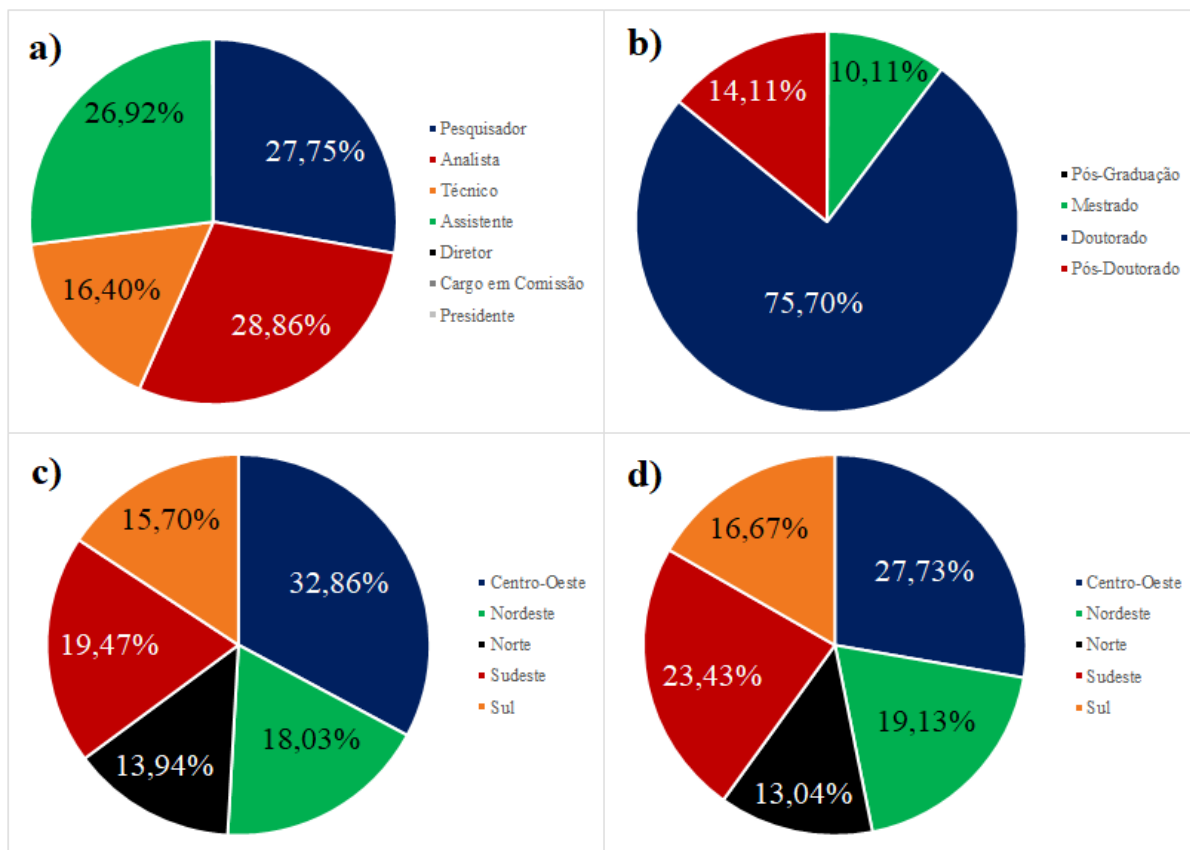
- **Norte:** EMBRAPA Acre; EMBRAPA Amapá; EMBRAPA Amazônia Ocidental; EMBRAPA Amazônia Oriental; EMBRAPA Rondônia; EMBRAPA Roraima; e EMBRAPA Pesca e Aquicultura.

- **Nordeste:** EMBRAPA Cocais; EMBRAPA Meio-Norte; EMBRAPA Semiárido; EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; EMBRAPA Caprinos e Ovinos; EMBRAPA Algodão; EMBRAPA Mandioca e Fruticultura; EMBRAPA Agroindústria Tropical; e EMBRAPA Alimentos e Territórios.
- **Centro-Oeste:** EMBRAPA Agrossilvipastoril; EMBRAPA Pantanal; EMBRAPA Agropecuária Oeste; EMBRAPA Cerrados; EMBRAPA Gado de Corte; EMBRAPA Hortaliças; EMBRAPA Café; EMBRAPA Arroz e Feijão; EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnológicos; e EMBRAPA Agroenergia.
- **Sul:** EMBRAPA Pecuária Sul; EMBRAPA Clima Temperado; EMBRAPA Soja; EMBRAPA Florestas; EMBRAPA Suíno e Aves; EMBRAPA Trigo; e EMBRAPA Uva e Vinho.
- **Sudeste:** EMBRAPA Pecuária Sudeste; EMBRAPA Milho e Sorgo; EMBRAPA Gado de Leite; EMBRAPA Territorial; EMBRAPA Solos; EMBRAPA Agroindústria e Alimentos; EMBRAPA Agrobiologia; EMBRAPA Meio Ambiente; EMBRAPA Agricultura Digital; e EMBRAPA Instrumentação.

Existe um órgão superior de administração da EMBRAPA, com a responsabilidade de coordenar, supervisionar, planejar e controlar suas atividades, assim como elaborar suas políticas. Está composto por um presidente e três diretores executivos. A presidência atual está a cargo do Dr. Celso Luiz Moretti, a diretoria executiva de governança e gestão está a cargo da Dra. Angélica de Paula Galvão Gomes, a diretoria executiva de negócios, assim como a diretoria interina de pessoal, serviços e finanças está a cargo do Dr. Tiago Toledo Ferreira, por último a diretoria executiva de pesquisa e desenvolvimento está chefiada pelo Dr. Guy de Carpedville. A sede da presidência da EMBRAPA fica em Brasília, no Distrito Federal.

A EMBRAPA tem quadro de pessoal com numerário atual de 8.042 funcionários, onde desses: 2.321 são analistas; 2.232 são pesquisadores; 2.165 são assistentes; 1.319 são técnicos; 3 são diretores; 1 para cargo em comissão; e 1 para o cargo de presidente (Figura 6a). A distribuição relativa desses empregados por região, pode ser analisada na Figura 6c abaixo, onde: 2.643 estão no Centro-Oeste; 1.566 no Sudeste; 1.450 no Nordeste, 1.262 no Sul; e 1.121 no Norte. Em relação ao grau de escolaridade dos pesquisadores que compõem a Empresa, 1.685 possuem doutorado, 314 pós-doutorado, 225 possuem mestrado e apenas 2 possuem algum curso de pós-graduação completa (Figura 6a). A distribuição dos pesquisadores por região está elencada na Figura 6d abaixo, onde: 619 estão no Centro-Oeste; 523 no Sudeste; 427 no Nordeste; 372 no Sul; e 291 no Norte.

Figura 6. Distribuição relativa do quadro pessoal de empregados da EMBRAPA (a), do grau de escolaridade dos pesquisadores (b), dos empregados (c) e dos pesquisadores (d) por região geográfica. Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b)

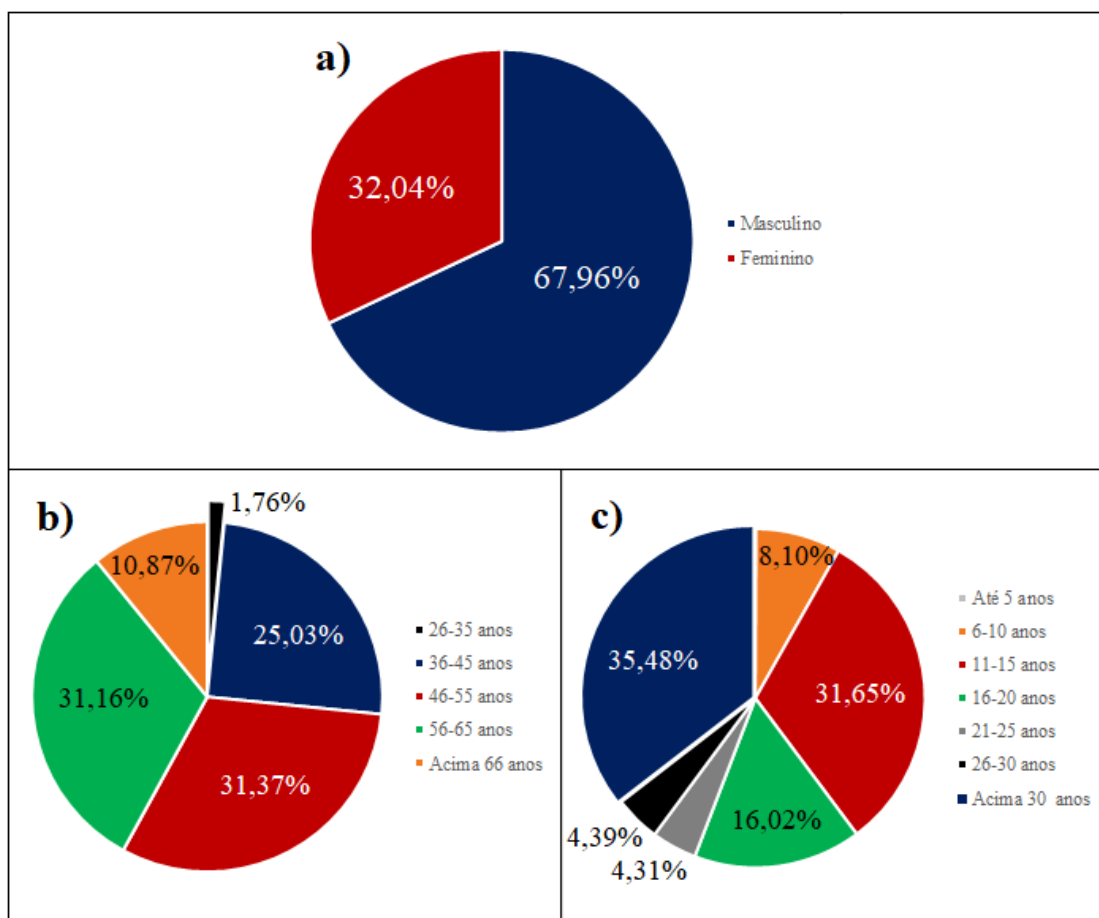


A quantidade de funcionários e sua distribuição ao longo das unidades da EMBRAPA por região, possui grande importância no desenvolvimento de suas atividades, isso porque a maior alocação de recursos e a geração de resultados, estão associados com maior quantidade de recursos humanos que se ocupam no funcionamento da Empresa. A maior proporção de pesquisadores com o grau de doutorado, revela a qualidade do desenvolvimento das pesquisas, da mesma forma que a porcentagem representada por analistas e assistente descreve a preocupação na organização funcional de todos os produtos, processos e serviços gerados. A maior distribuição de pessoal nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste, está relacionada, também, com a maior quantidade de unidades descentralizadas presentes nessas regiões.

Quanto à condição representada pelo sexo dos empregados, 5.465 pertencem ao sexo masculino e 2.577 são formados pelo sexo feminino (Figura 7a). Já para a faixa etária dos empregados, nota-se que: 2.523 possuem idade entre 46 e 55 anos; 2.506 se encontra entre 56 e 65 anos; 2.013 destes possuem entre 36 e 45 anos; 874 tem idade acima de 66 anos; e 126 estão com idade entre 26 e 35 anos (Figura 7b). Em relação ao tempo que os empregados estão

inseridos dentro da Empresa, percebe-se que: 2.853 tem mais de 30 anos de atividade; 2.545 tem entre 11 e 15 anos de atividade; 1.288 tem entre 16 e 20 anos de atividade; 651 tem entre 6 e 10 anos de atividade; 353 possui entre 26-30 anos de atividade; 347 possui entre 21 e 25 anos de atividade; e apenas 5 possuem até 5 anos de atividade (Figura 7c).

Figura 7. Distribuição relativa do quadro de pessoal em relação ao sexo dos empregados (a), de acordo com a faixa etária (b) e em função do tempo de atividade dentro da Empresa (c).
Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b)



Pela análise dos dados, conclui-se que existe menor representatividade feminina dentro do quadro de pessoal da EMBRAPA, resultado interessante e que serve como passo fundamental para alterar esse panorama, pela contratação de mais pessoas desse sexo. De acordo com a faixa etária, fica evidente que a maior parte dos empregados tem idade entre 36 e 65 anos, que representa a faixa de tempo necessário para haver qualificação profissional e somatório de experiências. O tempo de atividade desses empregados é relativamente longo dentro da Empresa, fato esse comprovado pelo tempo de pesquisa, com maior concentração de pessoal com 11 a 20 e acima de 30 anos de atividade dentro da instituição.

A Tabela 1 abaixo avalia a relação do pessoal de acordo com a formação profissional, apenas para os cargos de pesquisador e analista. As profissões de Agronomia, Engenharias, Ciências Biológicas, Medicina Veterinária e Zootecnia destacam-se quando se avalia a função de pesquisador dentro da Empresa. Já em relação ao cargo de analista, as formações em Administração, Comunicação, Agronomia, Engenharias e Ciências Contábeis/Contabilidade destacam-se. A maior parte da formação dos cargos, está de acordo com a função desempenhada na instituição, além de que um mesmo recurso humano pode apresentar mais de uma formação.

Tabela 1. Tipos e quantidades de profissões de empregados da EMBRAPA de acordo com a função desempenhada. Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b)

Profissão	Pesquisador	Analista
Administração	8	298
Agronomia	1.192	199
Biblioteconomia	0	64
Ciências Biológicas	231	101
Ciência da Computação	10	102
Ciências Contábeis/Contabilidade	0	189
Ciências Econômicas/Economia	31	84
Comunicação	2	204
Direito	1	111
Engenharias Diversas	351	196
Estatística	6	13
Farmácia	18	51
Física	12	4
Jornalismo	0	18
Letras	1	62
Medicina Veterinária	156	51
Pedagogia	2	28
Processamento de Dados	3	69
Psicologia	3	56
Química	44	111
Secretariado Executivo	0	73
Zootecnia	93	33
Outros	94	282

4. PARCERIAS INTERNACIONAIS DA EMBRAPA PARA PD & I

A EMBRAPA é uma empresa com espírito global que, ao longo da sua história, tem construído uma sólida rede de cooperação internacional. Atualmente, está presente em todos os continentes, com parcerias com algumas das principais instituições e redes de pesquisa do mundo. A atuação no exterior também contribui em aspectos técnicos e científicos com a agenda internacional do Governo Brasileiro. Existem dois tipos de cooperação internacional, a científica e a técnica. A cooperação técnica consiste em trocas de conhecimento e avanços na pesquisa científica e tecnológica com diversas instituições no mundo, em benefício da agricultura brasileira. Já a cooperação técnica diz respeito à promoção da cooperação multi e bilateral, contribuindo para diminuir a pobreza e a fome em países da África, da América Latina e do Caribe (EMBRAPA, 2022a).

É importante também mencionar as parcerias externas da EMBRAPA, que conta com o programa Laboratório Virtual da EMBRAPA no Exterior (LABEX). Esse programa foi criado em 24 de março de 1997, com o objetivo de treinamento de pesquisadores em tecnologia de ponta ou temática presente em centros internacionais de pesquisa e desenvolvimento, com a finalidade de realizar parcerias com cientistas estrangeiros na busca por solução de ações prioritárias da Empresa. Dessa forma, entrava em vigor um programa que visava não apenas a produção de recursos humanos qualificados, mas também para criação de pesquisadores atentos ao uso de tecnologias prospectivas importantes no avanço da agropecuária, assim como as principais lideranças que desenvolvem essas tecnologias.

Foi implantado primariamente em 1998 nos Estados Unidos, com o principal parceiro sendo o Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS), que está inserido no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). As pesquisas do LABEX-EUA têm se desenvolvido com áreas da agricultura de precisão, segurança alimentar, mudanças climáticas globais, uso de novos produtos agrícolas, sanidade animal, recursos genéticos, nanotecnologia, modelagem e controle integrado de pragas. Com o tempo de parceria, vários pesquisadores integraram as missões incumbidas pelo programa em diferentes centros da ARS, habilitando, dessa maneira, a capacidade de impacto internacional sobre as pesquisas desenvolvidas pela EMBRAPA.

Em 2001 foi implantado o LABEX-Europa, em parceria com Agrópolis, em Montpellier, na França, expandindo-se depois para Holanda e Inglaterra, com outros laboratórios vinculados ao programa. As pesquisas realizadas nesse LABEX giram em torno das áreas de tecnologia avançada, tecnologia de conservação e manejo sustentável do meio ambiente e tecnologia agroalimentar e agroindustrial. Em 2009, por sua vez, foi criado o LABEX-Coreia como

primeira experiência da EMBRAPA na Ásia, com vários pesquisadores desenvolvendo pesquisas apoiadas nos financiamentos do Banco Mundial e Banco Interamericano de Desenvolvimento. Com essas parcerias realizadas pela Empresa, fica cada vez mais firmado o seu potencial de expandir suas diretrizes e pesquisas para outros países.

5. TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Como fica evidente, o setor de pesquisa, desenvolvimento e inovação da EMBRAPA possui demasiada importância, principalmente no que tange o atendimento das diretrizes pautadas pela instituição. Fazer com que essas pesquisas se tornem realidade para o público-alvo, é um passo fundamental para que as ações da Empresa sejam satisfatórias. Para tal, existe a necessidade de que os produtos, processos e serviços sejam transferidos em sua totalidade, senão as pesquisas ficariam apenas guardadas em banco de dados e suas tecnologias não serviriam para atender às demandas dos setores que possam necessitar dessas tecnologias. Devido a isso, a organização e funcionalidade da transferência de tecnologias da EMBRAPA precisa ser compreendida.

A transferência de tecnologia é uma etapa tão importante quanto a geração da pesquisa, para o pleno funcionamento da EMBRAPA, isso porque é pela transferência de tecnologia que as pesquisas, por meio dos produtos, processos e serviços, chegam até o setor produtivo. O tipo de ação utilizada para essa finalidade possui suma importância, visto que por meio da qualidade dessa transferência, as informações são trabalhadas em sua totalidade e podem beneficiar a sociedade de forma geral. Esse setor da Empresa está sob a coordenação da Chefia Adjunta de Transferência de Tecnologia, que é estruturado pelo Comitê Local de Propriedade Intelectual (CLPI), pelo Setor de Gestão da Prospecção e Avaliação de Tecnologias (SPAT) e pelo Setor de Gestão da Implementação da Programação de Transferência de Tecnologia (SIPT).

Os objetivos desse setor da Empresa, se enumeram em diversas etapas no que tange o desenvolvimento de uma tecnologia, como acompanhar a construção da pesquisa, prospecção de suas demandas, estudo de mercado e mapeamento e celebração de parcerias públicas e privadas, proteção intelectual e apoio ao público em geral por meio da disseminação de informações. Segundo Cavalcanti (2015), um modelo conceitual que faça a união entre a pesquisa e o desenvolvimento, as transferências de tecnologias e as prospecções de demandas, necessita ser empregada durante as aplicações das atividades, pois, além de serem ações

complementares, existe todo um perfil de adoção de determinada tecnologia por meio dos clientes inseridos em diferentes tipos de cadeias produtivas.

Existem diferentes categorias de beneficiários interessados nas tecnologias da EMBRAPA, como, por exemplo, produtores rurais, empresas que produzem equipamentos e insumos agrícolas, agroindústrias que processam matérias-primas agrícolas, órgãos públicos implementadores de políticas que ajudem na adoção de tecnologias e empresas que prestam serviços agropecuários (CAVALCANTI, 2015). Cada um desses alvos necessita de diferentes tipos de tecnologias, seja adotando aquela que melhora o resultado de alguma atividade ou, talvez, servindo para redução de determinados custos. Cabe então à EMBRAPA, encontrar meios que facilitem a obtenção dessas tecnologias para o seu receptor final.

Vale salientar que, para ser considerada tecnologia, um produto, processo ou serviço, precisa ser validado de acordo com suas viabilidades econômicas, técnicas e ambientais mais sociais quando se pensa na sustentabilidade. Caso esse quesito não seja enaltecido, os dados ficam apenas como resultados de pesquisas. Mesmo recebendo recursos advindos de orçamento público, a EMBRAPA está plenamente inserida nas cadeias produtivas de seus produtos, processos e serviços, ficando dessa forma sua sustentação dependente da cíclica utilização de suas tecnologias pelo setor produtivo (CAVALVANTI, 2015).

Para haver o emprego pleno de diferentes tecnologias inovadoras, necessitam-se de alguns recursos que são classificados em diferentes tipos de capitais (Tabela 2). Esse termo capital representa o custo, não apenas de expressão econômica, que pode ser dimensionado pela aquisição de determinada tecnologia, existindo inclusive interação entre ambos. São caracterizados, ainda, como possuindo conversibilidades entre si, podendo um ser adquirido a partir de outro e, também, de todos poderem representar uma equivalência econômica, de forma a revelar sua dimensão quantitativa (CAVALCANTI, 2015). A conversão entre capital financeiro e técnico por exemplo, é elevada, devido a suas pequenas perdas relativas, entretanto, o custo social relativo ao financeiro está relacionado com a intensidade produtiva local.

Existe também outro fator a ser levado em consideração a partir da transferência de tecnologia. O uso da tecnologia, apenas, não confere todo o processo de transferência, já que, segundo Stewart (1992), esse processo possui diversos níveis para ser concebido (Tabela 3). Dessa forma, a EMBRAPA precisa gerar mecanismos de transferências que atuem possibilitando o alvo final ser mais do que apenas o simples receptor da tecnologia, na intenção de que o mesmo possa tomar decisões acerca do produto e que sejam capazes de fortalecer o processo de assimilação da transferência tecnológica.

Tabela 2. Tipos de capitais e sua breve descrição. Fonte: modificado de Cavalcanti (2015)

Capital	Descrição
Financeiro	Considerado como o capital monetário possuído pelo produtor, ou que ele tem acesso.
Técnico	Abrange acesso ao solo, instalações, equipamentos, matérias-primas e insumos.
Social	Está relacionado ao desenvolvimento do local onde o produtor está inserido.
Cultural	Está relacionado pela composição entre o conhecimento e a disposição para ação.

Tabela 3. Níveis de assimilação para completa transferência de tecnologia. Fonte: modificado de Stewart (1992)

Nível de Transferência	Descrição
Operacional (nível básico)	Possui a capacidade de operar e gerenciar instalações de produção construídas e projetadas por agente externo.
Duplicativo (nível intermediário)	Detém a capacidade de expandir a produção sem o auxílio de agente externo ao processo de transferência.
Adaptativo (independência tecnológica)	Consegue se adaptar ao projeto criador do produto, fazendo todo o seu processo de engenharia para a produção.
Inovativo (nível avançado)	Possui a capacidade de desenvolver um sistema de próxima geração baseado na tecnologia pré-existente.

Cabe avaliar alguns casos de sucesso que a EMBRAPA possui, conseguidos por meio de parcerias que visaram a transferência de tecnologias produzidas pela Empresa. Os autores Mendes & Buainain (2013) citaram alguns, dentre eles, está a parceria que foi realizada entre a EMBRAPA e a Monsanto, datando desde 1997 e hoje estando atualizada pela parceria existente com a Bayer. Os primeiros estudos em conjunto com essa cooperação, foram voltados para o desenvolvimento de cultivares de soja modificadas geneticamente, para obtenção de genótipo resistente contra herbicidas compostos por glifosato.

Outra parceria conta com a transferência de sementes de linhagem híbrida de milho, para produtores de sementes, na tentativa de facilitar os cruzamentos com linhagens particulares de cada propriedade (MENDES & BUAINAIN, 2013). Essa parceria tem grande importância, pois

permite que os produtores melhorem seus cultivos pela possibilidade de escolha dos cruzamentos com maiores respostas produtivas. A última parceria mencionada pelos autores é com a EMBRAPA e incubadoras parceiras, na ideia de levar essa tecnologia para empresas que possuam interesse, contando inclusive com tempo de orientação técnica dada pela EMBRAPA.

Mesmo com grande importância de ser compreendida, a forma como está estruturado, composto e organizado o funcionamento da transferência de tecnologia pela EMBRAPA, existem diversos outros fatores exógenos e/ou atividade de outras instituições, que impactam nesse processo (MENDES & BUAINAIN, 2015). Isso decorre, essencialmente, do fato de que a EMBRAPA não é a única responsável pelas informações contidas no setor agropecuário brasileiro. Segundo Mendes & Buainain (2015), existem diversos sistemas, instituições políticas e atores que, integralmente, de forma direta e indireta, participam do processo de transferência de tecnologia da Empresa.

Ainda que o processo de transferência de tecnologia a partir dos produtos, processos e serviços da EMBRAPA, seja compreendido em toda sua totalidade, não exime a Empresa do fato de que suas pesquisas devem estar alinhadas com o desenvolvimento sustentável. Esse fato marca o panorama atual de seus projetos, pois a pauta da sustentabilidade está cada vez mais em alta nos diversos setores que compõem a sociedade humana. Com isso, torna-se imprescindível discutir sobre como a instituição está inserida nesse contexto, trazendo para tal, exemplos de atividades que assegurem os seus objetivos sustentáveis.

6. A EMBRAPA E OS ODS

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) fazem parte de um plano de ação elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU) no ano de 2015, com a essência de criar e implementar políticas públicas até o ano de 2030 que ajudem na manutenção da humanidade. Na época da cúpula da ONU, 193 nações fizeram parte da criação das ODS, incluindo o Brasil. Esse plano contempla 17 ODS (Tabela 4), que são subdivididos em 169 metas e estruturados em áreas de importância crítica para a ONU, conhecidas como 5 Ps (Paz, Pessoas, Planeta, Prosperidade e Parcerias). Os ODS estão alinhados com os três pilares da sustentabilidade: ambiental, econômico e social, ambos capacitados em buscar a melhor forma para que a sociedade conviva com as modificações apresentadas pelo ambiente, assim como aliado com o aumento da produção agrícola de acordo com uma temática específica do assunto.

A EMBRAPA possui diversos projetos que trazem contribuições em vários ODS distintos (BUENO & TORRES, 2022), fato que eleva a importância que a instituição dá ao assunto. Todos os 5 Ps são viabilizados pela atuação da EMBRAPA, como resposta à Agenda 30 e trazendo contribuições como capacitação e treinamento, formulação e execução de políticas públicas, avanço do conhecimento, manutenção da biodiversidade, desenvolvimento institucional e soluções tecnológicas (ARZABE et al., 2018). A coordenação da estratégia de alinhamento e o acompanhamento das ações de acordo com os ODS está na responsabilidade da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (SIRE) e da participação de outras unidades centrais.

Segundo EMBRAPA (2022), no ano de 2021 a Empresa contribuía para cerca de 131 metas dos ODS a partir dos seus programas de pesquisa, seja de forma direta ou indireta. Abaixo segue a descrição dos Objetivos Estratégicos da EMBRAPA (OEE), assim como os ODS ao qual estão alinhados, com ambos os dados sendo modificados a partir de EMBRAPA (2022a):

- **OEE 1:** desenvolver conhecimentos e tecnologias para o adequado manejo e aproveitamento sustentável dos biomas brasileiros. (ODS 1, 2, 3, 6, 12, 14 e 15)
- **OEE 2:** viabilizar soluções para ampliar a resiliência e a plasticidade dos ecossistemas nativos e dos sistemas de produção agropecuários, assim como ampliar a capacidade de adaptação da agricultura diante das mudanças climáticas. (ODS 1, 2 e 13)
- **OEE 3:** ampliar a base de conhecimentos e geração de ativos que acelerem e promovam o desenvolvimento e a incorporação aos sistemas agrícolas (alimentares e industriais), de soluções avançadas que sejam baseadas em ciências e tecnologias emergentes. (ODS 2, 3, 7, 8, 9 e 12)
- **OEE 4:** desenvolver, adaptar e disseminar conhecimentos e tecnologias em automação, agricultura de precisão e tecnologias da informação e da comunicação, visando a ampliação da sustentabilidade dos sistemas produtivos e na agregação de valor a produtos e processos da agropecuária. (ODS 1, 2, 5, 8 e 9)
- **OEE 5:** promover e fortalecer a pesquisa, desenvolvimento e inovação para segurança biológica e defesa zoofitossanitária da agropecuária e produção florestal e aquícola brasileira. (ODS 2, 13 e 15)
- **OEE 6:** desenvolver sistemas capazes de aumentar a produtividade agropecuária, florestal e aquícola, com sustentabilidade. (ODS 1, 2, 6, 13, 14 e 15)

Tabela 4. ODS presentes no plano de ação da ONU. Fonte: modificado de Santos et al. (2018)

Objetivo	Descrição
1. erradicação da pobreza	Acabar com a pobreza em todas as suas formas e nos lugares onde está inserida.
2. fome zero e agricultura sustentável	Acabar com a fome, alcançar segurança alimentar, melhorar nutrição e promover agricultura sustentável.
3. saúde e bem-estar	Assegurar vida saudável, promovendo o bem-estar para todos e em todas as idades.
4. educação de qualidade	Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, promovendo oportunidade de aprendizado ao longo da vida.
5. igualdade de gênero	Alcançar a igualdade de gênero e no empoderamento de mulheres e meninas.
6. água potável e saneamento	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e o saneamento para todos.
7. energia limpa e acessível	Assegurar para todos o acesso à energia, de forma confiável, sustentável, moderna e com preços acessíveis.
8. trabalho decente e crescimento econômico	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho para todos.
9. indústria, inovação e infraestrutura	Construir infraestruturas resilientes, fomentar a inovação e promover a industrialização inclusiva e sustentável.
10. redução das desigualdades	Reduzir todos os tipos de desigualdades dentro dos países e entre eles.
11. cidades e comunidades sustentáveis	Tornar os assentamentos humanos e as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.
12. consumo e produção responsáveis	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentável.
13. ação contra a mudança global do clima	Tomar medidas que sejam urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
14. vida na água	Conservar e usar sustentavelmente oceanos, mares, recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
15. vida terrestre	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres.
16. paz, justiça e instituições eficazes	Promover sociedades pacíficas e inclusivas, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes.
17. parcerias e meios de implementações	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

- **OEE 7:** promover o avanço do conhecimento e soluções tecnológicas, que foquem na ampliação das contribuições da pesquisa agropecuária para a integração entre alimento, nutrição e saúde. (ODS 1, 2, 3 e 12)
- **OEE 8:** gerar ativos de inovação agrícola baseados no uso de biocomponentes, substâncias e rotas tecnológicas que contribuam para o desenvolvimento de novas bioindústrias que foquem em energia renovável, química verde e novos materiais. (ODS 3, 7, 9 e 12)
- **OEE 9:** apoiar o aprimoramento e a formulação de estratégias e políticas públicas, a partir de análises e estudos alinhados às necessidades do mercado e do desenvolvimento rural. (ODS 1, 2, 8, 9, 13, 14 e 15)
- **OEE 10:** gerar conhecimentos e tecnologias, além de propor estratégias, localmente adaptadas e que contribuam para a inclusão produtiva da agricultura familiar (ODS 1, 2, 14 e 15)
- **OEE 11:** gerar conhecimentos e tecnologias que promovam inovações gerenciais para tratar com eficiência, eficácia e efetividade, de acordo com a crescente complexidade e multifuncionalidade da agricultura. (ODS 2, 5, 6, 8, 12 e 15)
- **OEE 12:** desenvolver e disseminar produtos de informação e estratégias de comunicação que contribuam para a valorização da pesquisa agropecuária e para a ampliação do suporte da sociedade à agricultura brasileira. (ODS 2, 4, 5, 6, 12 e 13)

A EMBRAPA em 2018 organizou a coleção ODS composta por 18 e-books que abordam como a pesquisa da EMBRAPA está contribuindo com cada um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Esta coleção recebeu o título de Contribuições da EMBRAPA para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (e-books). Os e-books estão disponíveis em formato PDF e ePub nas bases da EMBRAPA: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/>>.

7. EMBRAPA SOLOS

A história da EMBRAPA Solos está intimamente relacionada com o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), já que, no século 19, foi onde começou-se a introduzir os estudos de solos na associação com as pragas vegetais. Dessa forma, o desenvolvimento da ciência do solo

está relacionado com os estudos das ciências naturais, contribuindo de forma essencial para a compreensão do funcionamento dos sistemas edáficos. No JBRJ foi criado, em 1918, o Instituto de Química Agrícola (IQA), sendo extinto em 1962 e gerando três unidades da EMBRAPA a partir de sua base estrutural e que funcionam até os dias atuais, são elas: EMBRAPA Agroindústria de Alimentos; EMBRAPA Agrobiologia; e EMBRAPA Solos, que está sediada no prédio antigo do IQA.

A exploração do solo e sua associação com as plantas, passaram pelo uso da tecnologia utilizada na época, mas, além disso, esteve associada com a introdução das espécies exóticas, pela necessidade de estudos sobre as condições adaptativas dessas plantas ao ambiente novo, sobretudo aqueles relacionados com a ciência do solo. Além disso, pelo interesse em conhecer a imensa biodiversidade do país, foram organizadas explorações para mapear as suas condições econômicas e naturais, fato que determinava, cada vez mais, o interesse e reconhecimento que os produtos brasileiros ganhavam internacionalmente (LAFORET et al., 2014).

A produção agrícola está associada, diretamente, com a necessidade de sustentação alimentar da população e das demandas do mercado. Sendo assim, houve a diversificação dos produtos agrícolas como política pública para tentar vencer o desabastecimento e as crises de fome. Com isso, o JBRJ se dedicou ao plantio de espécies nativas (feijão, mandioca, milho e abóbora, por exemplo) e, também, daquelas exóticas (arroz e trigo, por exemplo), até que cresceram as introduções de plantas exóticas adaptadas que se desenvolviam fortemente a partir dos recursos naturais abundantes.

As grandes monoculturas, como café e cana-de-açúcar, representam fontes de riqueza nacional, sendo disseminadas em áreas onde antes existiam florestas diversificadas, que foram derrubadas e queimadas. Esse processo atuante sobre o solo, logo deixava suas marcas de degradação no sistema que, na época, eram perceptíveis pelo ataque de pragas e infestação de doenças. Outro fator deixado de lado foi a crença de que a fertilidade do solo era eterna, havendo então a necessidade de práticas como adubação, que estreitavam os laços entre os estudos científicos e as práticas agrícolas.

Nesse contexto, o Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPA) possuía, na época da criação da EMBRAPA, a Divisão de Pesquisas Pedológicas, que foi transformada em Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), no ano de 1975. Na década de 1990, o SNLCS se tornou o Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS), como unidade de pesquisa de alinhamento nacional. As coordenações regionais foram então extintas em 1993, excetuando-se a que se encontra no Nordeste, conhecida por Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife (UEP Recife). Essa unidade ficou vinculada ao CNPS

que, depois, mudou para a denominação EMBRAPA Solos, visando a vinculação da Empresa nas atuações que competiam a essas unidades (LAFORET et al., 2014).

Algumas obras como Manual de Métodos de Análise de Solos, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Mapa de Solos do Brasil, Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras e Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para a Irrigação, são produtos gerados pelos conhecimentos que foram acumulados nas pesquisas desenvolvidas pela EMBRAPA Solos. Além disso, linhas de pesquisa como recuperação de áreas degradadas, matéria orgânica, plantio direto, agricultura de precisão e sequestro de carbono passaram a fazer parte das competências da Empresa, para responder questões do aquecimento global, degradação dos solos, contaminação e escassez das águas, e plantas na produção de energia.

7.1. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação na EMBRAPA Solos

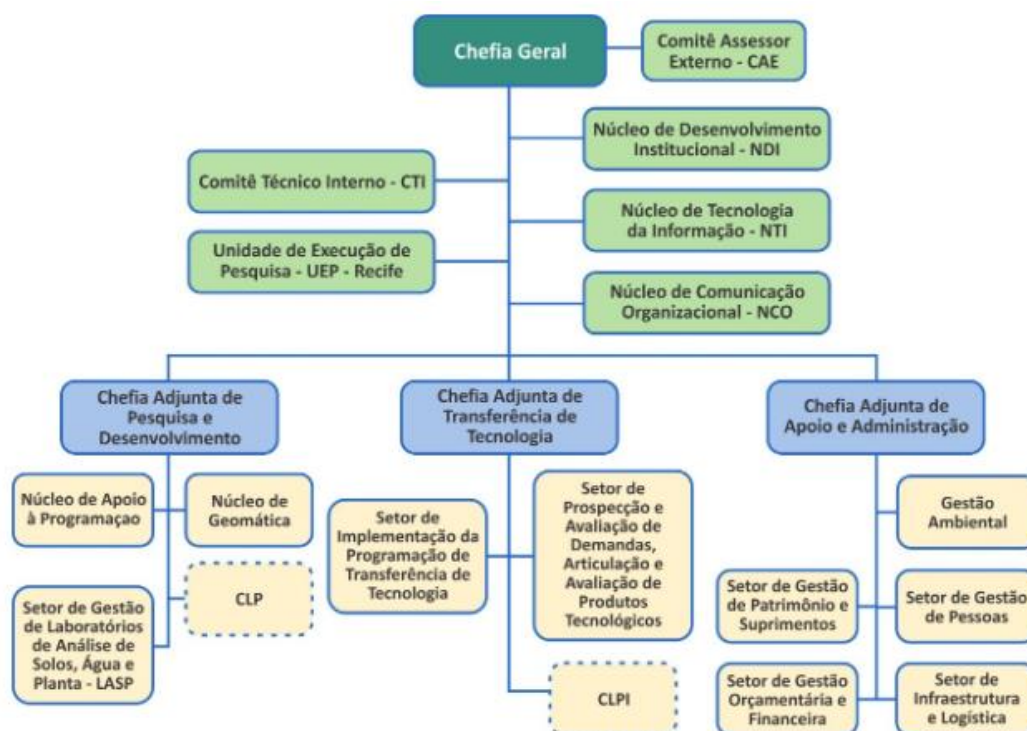
A EMBRAPA Solos, atualmente, tem como Chefa-Geral a Dra. Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin, o Dr. Silvio Barge Bhering está como Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento, o Dr. Fabiano de Carvalho Balieiro está como Chefe-Adjunto de Transferência de Tecnologia e a Dra. Marisa Teixeira Mattioli está como Chefe-Adjunta de Apoio e Administração, além do Dr. Flavio Adriano Marques que está como Coordenador Técnico da EMBRAPA Solos UEP Recife. A EMBRAPA Solos possui, ainda, quatro supervisores de nível I, oito supervisores de nível II e três supervisores de nível III. Abaixo (Figura 8) se observa organograma da instituição, com a linha de comando e a função desempenhada por cada setor.

A pesquisa da EMBRAPA Solos está intimamente relacionada com o desenvolvimento nacional, apresentando soluções tecnológicas que sejam ambientalmente adequadas, economicamente viáveis e socialmente justas. O maior objetivo de suas pesquisas, visa procurar soluções para problemas de expressão nacional, como a recuperação de solos degradados e/ou contaminados, zoneamentos agropedoclimáticos, tecnologias sustentáveis dos recursos solo e água nos sistemas produtivos e planejamento do uso da terra. Como uma das diretrizes, a EMBRAPA Solos também organiza e disponibiliza dados sobre o conhecimento de solos tropicais, especialmente para seu público-alvo.

A pesquisa na EMBRAPA Solos é agrupada em núcleos temáticos, que asseguram a melhor distribuição dos objetivos relacionados com as diretrizes da instituição. No núcleo de intensificação sustentável na agricultura por exemplo, busca-se a adoção de processos que

acarretem a intensificação sustentável da produção de alimentos, fibras e biomassa, sempre pensando na menor pressão possível sobre o ambiente. Esse núcleo atuou no surgimento do projeto de lei que estabelece a Política Nacional de Conservação do Solo e da Água e do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas, que visa a implantação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC). Ambas as diretrizes pertencem ao Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos).

Figura 8. Representação esquemática do organograma funcional das atividades da EMBRAPA Solos. Fonte: EMBRAPA (2022a)



*Legenda: CLP – Comitê Local de Publicações; CLPI – Comitê Local de Propriedade Intelectual.

A utilização indevida das práticas agrícolas, assim como problemas relacionados com as mudanças climáticas e o depauperamento dos recursos naturais, tem causado problemas em diversos serviços prestados à sociedade humana. O solo e o seu manejo compõem parte desse contexto ambiental, com suas características e dinâmica atuando sobre importantes serviços ecossistêmicos (ADHIKARI & HARTEMINK, 2016; PARRON et al., 2019.; SILVA et al., 2021). Então, o núcleo de serviços ambientais da EMBRAPA Solos tem como função prospectar estudos de como o uso da terra e as mudanças climáticas atuam nos serviços ecossistêmicos, na geração e multiplicação de conhecimentos, métodos, tecnologias e

ferramentas com a capacidade de modificar os sistemas florestais e agropecuários convencionais em sistemas geradores de serviços para a sociedade.

No núcleo composto por pedologia e zoneamento, estão postos importantes papéis da EMBRAPA Solos, com a pedologia servindo para conhecer o solo em seu ambiente natural a partir da observação e análises de suas características e, por outro lado, o zoneamento atuando no objeto de planejamento agrícola para o uso das terras e para recebimento de crédito rural. O emprego agrícola deve ser conduzido em áreas produtivas, sendo as características do clima e do solo importantes nesse quesito, permitindo o zoneamento agrícola de áreas que apresentem menores riscos a essas atividades, assim como trazendo efeitos positivos na produção (ASSAD et al., 2008; MARTINS et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2021; GRESCHUK, 2022). Esse núcleo possui ação voltada para a implantação do PronaSolos no planejamento das terras.

Vários problemas relacionados com a escassez de água afetam, principalmente, a região do semiárido brasileiro, necessitando de práticas que contornem essa situação a partir do uso de tecnologias vindas de instituições governamentais. Para tal, a EMBRAPA Solos possui o núcleo de convivência produtiva com a seca, que estabelece objetivos de desenvolver parcerias institucionais para geração de cadeias produtivas locais e sustentáveis do ponto de vista técnico, que possam trazer melhorias para o contexto da região Nordeste, além de outras regiões do país, e até do exterior, que apresentem características edafoclimáticas semelhantes.

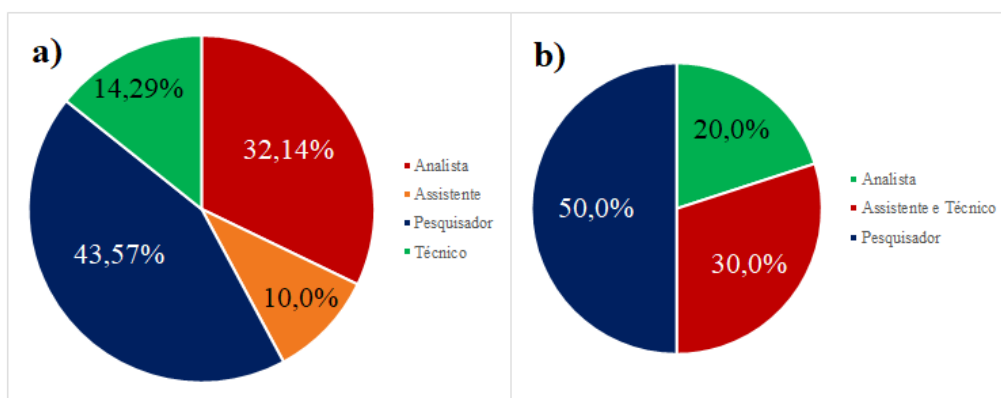
Existe também o núcleo composto por fertilizantes e insumos para a agricultura tropical (FertBrasil), que atuam no melhoramento da eficiência do uso de fertilizantes a partir de práticas agrícolas adequadas, além de trazer inovações tecnológicas para os sistemas produtivos. Esses objetivos estão entrelaçados diretamente com o aumento da demanda do mercado, sendo o Brasil integrador dos países que mais exportam produtos agrícolas para o mundo, ampliando assim a importância que esse núcleo possui sobre o setor, visto que fortalece o aumento da produtividade agrícola nas lavouras.

Dentro da EMBRAPA Solos, também existe o Centro de Inovação InovaSolos, que possui objetivo de gerar novas metodologias para a análise de solos tropicais, realização de treinamento especializado que assegure o processo de inovação e na validação de instrumentos e equipamentos analíticos. O centro é composto por dois laboratórios, o de análises químicas e físicas, composto por um conjunto de salas onde se realizam análises de amostras de solos, tecidos vegetais e água, além de apoiarem as pesquisas voltadas para experimentos de campo, levantamento e classificação de solos e pesquisas ambientais. E o laboratório de desenvolvimento de métodos de pesquisa, por sua vez, dedica-se à análise de bancada ou de

maior complexidade, que vise buscar novos métodos analíticos na avaliação da modelagem de água, na tecnologia de fertilizantes e no que tange biorreatores e bioprocessos.

A EMBRAPA Solos, possui equipe formada por 140 funcionários, com 61 pesquisadores, 45 analistas, 20 técnicos e 14 assistentes (Figura 9a). Já a UEP Recife possui equipe composta por 30 funcionários, onde 15 são pesquisadores. Além disso, possui 6 analistas e 9 técnicos e assistentes, que contribuem no apoio técnico e administrativo da instituição, além de estagiários, bolsistas e pessoal terceirizado, como auxílio nas diversas atividades. Todos os conhecimentos desenvolvidos por essa unidade da EMBRAPA Solos, servem para ampliar e dinamizar as atividades agropecuárias da região Nordeste do Brasil. A porcentagem relativa dos funcionários da UEP Recife, pode ser visualizada na Figura 9b abaixo.

Figura 9. Porcentagem relativa das funções desempenhadas pelos funcionários da EMBRAPA Solos (a) e da UEP- Recife (b). Fonte: modificado de EMBRAPA (2022b)



Após compreender como ocorre o funcionamento das atividades da EMBRAPA, assim como sua estruturação e composição, existe a tendência de se conhecer as áreas de pesquisa que são desenvolvidas na instituição. Esses conhecimentos são atrelados às demandas impostas pelo setor agropecuário e áreas correlatas, visando não apenas seu aperfeiçoamento, mas também o aumento da produtividade agrícola. Dentre as áreas estudadas pela Empresa, ambas são complementares e integrativas, com seu desenvolvimento necessitando serem associados.

7.2. Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos (PronaSolos)

Ainda no âmbito de pesquisa e desenvolvimento, pode-se afirmar que o detalhamento dos levantamentos realizados no Brasil, foram realizados com pequena escala, fato esse que traz

marca atual de pouco mais de 5% dos mapas de solos do país contando com escala de 1:100.000 ou maior, contra os Estados Unidos que tem o país inteiramente coberto por mapas de solos com escalas entre 1:20.000 e 1:40.000 (POLIDORO et al., 2016). Esse tipo de conclusão, fez com que o Tribunal de Contas da União (TCU) redigisse Relatório de Auditoria TC 011.713/2015-1 e firmasse um acórdão, para que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a EMBRAPA criassem um Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos – PronaSolos. Nesse sentido, foi criado então um Grupo de Trabalho (GT) composto por profissionais advindos de diversas instituições públicas de pesquisa do país, que atuassem na área de ciência do solo, para a elaboração do programa que ficaria conhecido como PronaSolos (POLIDORO et al., 2016). Os objetivos do programa são o de realizar levantamentos pedológicos em caráter multiescalar e suas respectivas interpretações, de acordo com programação de políticas dos governos federais e estaduais, além de atuar no estabelecimento de uma base de dados integrais, que contenham informações de solos passadas e que possa ser alimentada por produções futuras, estando sistematizadas para possíveis consultas do público em geral.

O PronaSolos possui estrutura com três níveis de atuação: i) estratégica, pela proposta de constituição de Conselho Diretor, formado pelo MAPA e Ministérios do Meio Ambiente (MMA), da Educação (MEC), do Desenvolvimento Social e Agrário (MDSA), da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTI), do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP), pela Casa Civil e EMBRAPA, todos sob coordenação do MAPA; ii) tático, formado por Conselho Nacional Multiinstitucional e estabelecido por Conselho Gestor, compostos por representante de cada instituição e coordenado pela EMBRAPA; e iii) operacional, estruturado a partir do Conselho Gestor, assim como o nível tático. Atualmente, como coordenadora do Comitê Executivo do Programa, está a Dra. Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin.

Para o cumprimento das metas, são estabelecidos cinco eixos de atuação para o programa: i) gestão do programa, pela organização da estrutura executora, infraestrutura e demandas por recursos humanos; ii) levantamento de solos e suas interpretações; iii) base de dados e informação de solos; iv) treinamento e capacitação em solos; e v) transferência de tecnologia e comunicação. Todas atividades de cada eixo são complementares e estão interligadas. Além disso, vale ressaltar que se trata de um programa complexo, que deve ocorrer em três etapas: i) curto prazo (0-4 anos); ii) médio prazo (4-10 anos); e iii) longo prazo (10-30 anos).

O curto prazo ficará na incumbência da implementação da estrutura organizacional e gerenciais, por exemplo com o estabelecimento do Conselho Gestor, a realização de convênios de cooperação, contratação e treinamento de pessoal, integração estadual e adequação da

infraestrutura básica. Durante esse tempo, também será realizada criação de base de dados abrangente e integrada sobre informações obtidas de solos, assim como a transferência de tecnologia e comunicação para produtores, extensionistas, políticos e sociedade no geral.

No médio prazo serão movidas atividades para ampliação e consolidação nacional do programa, a partir das atividades relacionadas ao curto prazo, assim como atualização do banco de dados e transferência de tecnologia. Por outro lado, no longo prazo, o programa propõe ampliar o levantamento de solos e suas interpretações na escala de 1:100.000, e também dos mapeamentos mais detalhados em escalas de 1:50.000 e 1:25.000. Ao final da última etapa, o programa será consolidado e poderá ser aprimorado, com resultados de bases de dados formadas por mapas, relatórios e perfis, além de suas interpretações por meio de aptidão agrícola e zoneamento diversificado, em nível de detalhe que possibilite o planejamento de uso da terra.

Na primeira fase do programa, além da consolidação das estruturas físicas e funcionais, estima-se a conclusão referente a 120 folhas cartográficas na escala de 1:100.000, 64 folhas na escala de 1:50.000 e mais 64 folhas na escala de 1:50.000, resultados que correspondem a cerca de 430 mil km² de terras levantadas (equivalente aos estados de Paraná e São Paulo). Na segunda fase o mapeamento será ampliado para área de 1,3 milhões de km² das terras agricultáveis (equivalente à região Nordeste). Na última etapa, segundo Polidoro et al. (2016), pretende-se alcançar 6,9 milhões km² (1:100.000), 1 milhão km² (1:50.000) e 250 mil km² (1:25.000). A formalização do programa aconteceu apenas em 2018, assim como a nomeação dos comitês executivo e estratégico em 2020 (CRESPOLINI & NASCIMENTO, 2021).

8. A EMBRAPA SOLOS E A UEP RECIFE

O marco de origem da UEP Recife foi em 1957, quando foi instalada a Frente Regional Nordeste da Comissão de Solos. Esta teve o objetivo de iniciar o levantamento dos solos de Pernambuco, que foi interrompido pela falta de pessoal qualificado para mapeamento, causada pela deficiência de se gerenciar os trabalhos (coordenação estava lotada no Rio de Janeiro na época) e pela necessidade de treinamento técnico. Inicialmente, foi sediada na Seção de Solos do IANE, mais tarde denominado de Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Nordeste (IPEANE) até 1966, localizado no Curado (JACOMINE et al., 2016).

Nessa Seção estavam localizados, também, os laboratórios de física do solo, química do solo, fertilidade do solo e mineralogia do solo, facilitando os levantamentos da Frente Regional Nordeste, uma vez que contavam com pesquisadores para a realização das análises dos solos

como principal enfoque nas pesquisas realizadas na época. Esses levantamentos trouxeram enormes frutos para o conhecimento da ciência do solo, com reconhecimento exploratório dos solos de todos os estados do Nordeste e do norte de Minas Gerais. Além disso, segundo Jacomine et al. (2016), a UEP Recife realizou o Zoneamento Agroecológico do Nordeste (ZANE -escala de 1:2.000.000), Zoneamentos Agroecológicos de Pernambuco (ZAPE) e Alagoas (ZAAL), todos em escala de 1:100.000, trabalhos de referência regional e nacional.

As pesquisas desenvolvidas pela UEP Recife, contaram e contam com diversos parceiros como Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Secretaria de Agricultura do Estado de Pernambuco (SAG-PE), Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Companhia de Desenvolvimento do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), United States Agency for International Development (USAID), unidades descentralizadas da EMBRAPA presentes na região e outras instituições já extintas como o Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Nordeste (IPEANE). Essa unidade também deu apoio técnico e suporte a outras equipes menores de frentes/coordenadorias regionais da EMBRAPA, ao Projeto RADAM Brasil, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), além de centros de pesquisa da EMBRAPA.

Historicamente, o mapeamento dos solos das zonas da mata e litoral de Pernambuco e Alagoas, foi realizado entre os anos de 1964 e 1965, pela coordenação e execução dos pesquisadores Paulo Klinger e Clotário Silveira. Em seguida, entre os anos de 1967 e 1968, foi a vez do mapeamento dos solos das zonas Agreste e Sertão do estado de Pernambuco. Outros notórios pesquisadores receberam treinamento e depois passaram a compor a Frente Regional Nordeste, nomes como Antônio Cabral Cavalcanti, Fernando Barreto Rodrigues, Heráclio Fernandes Raposo Mélo Filho, Jerônimo Cunha Almeida, Luiz Alberto Regueira de Medeiros, Mateus Rosas Ribeiro, Nivaldo Burgos e Sérgio Costa Pinto Pessoa, foram alguns que contribuíram grandemente para os estudos pedológicos e de levantamento de solos.

Apenas em 1984 a sede da UEP Recife se fixa no endereço que permanece até os dias atuais, no bairro de Boa Viagem, sendo adquirida durante a gestão de Paulo Klinger (Coordenador Regional) e Abeilard Castro (Chefe-Geral). O espaço conta com edificação de 600 m² de área construída, sendo composta por área administrativa, salas de pesquisadores e técnicos, de tecnologia da informação, além de almoxarifados e garagem. Possui, também, um laboratório de geoprocessamento, auditório capacitado para 50 pessoas, biblioteca e mapoteca com especialização sobre solos do Nordeste.

8.1. Principais Linhas de Pesquisa da EMBRAPA Solos UEP Recife

A UEP Recife desenvolve trabalhos diversos, como já mencionado anteriormente, que estão associados, principalmente, a suas áreas de atuação: manejo e conservação do solo e da água; agrometeorologia; gênese, morfologia e classificação de solos; sistema de produção e recursos genéticos; além do sensoriamento remoto e geoprocessamento. Entretanto, o presente trabalho, se deterá em duas linhas de pesquisa, pela relevante contribuição que têm dado ao desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região Nordeste. As linhas de pesquisa são: “Zoneamento Agroecológico” e “Captação e Armazenamento da Água de Chuva por meio da Tecnologia Social Hídrica Barragem Subterrânea”.

8.1.1. Zoneamento Agroecológico

8.1.1.1. Contextualização Geral

As atividades antrópicas têm pressionado os recursos naturais de forma gritante nas últimas décadas, ocasionando perdas muitas vezes irreparáveis para a humanidade. Dentre essas atividades estão aquelas relacionadas ao setor agropecuário, que causam impactos diretamente sobre os sistemas edáficos. Essa pressão sobre o solo leva a sua degradação ao longo do tempo, trazendo sérias consequências pela perda de qualidade do sistema, uma delas é a baixa produção e mesmo a sua capacidade em suportar a produção (BINDRABAN et al., 2012). Então, o primeiro passo parece ser compreender como ocorre essa degradação do solo.

A degradação ocorre pela perda da qualidade de alguma característica importante do solo, que esteja relacionada à capacidade de suporte da produção. A perda de matéria orgânica talvez seja o maior problema, já que sua presença no solo é fundamental para a manutenção da qualidade e da biodiversidade edáfica (COSTA et al., 2013), podendo inclusive ser empregada para monitorar a degradação inicial por meio de sua fração lábil (OBALUM et al., 2017). Em relação às propriedades químicas, o desbalanço dos teores de nutrientes e a presença de moléculas tóxicas, são as principais causas que levam à degradação química do sistema. Quanto às propriedades físicas, os impactos causados em sua estrutura e a redução na permeabilidade, atuam sobre a degradação física do sistema.

O somatório desses processos de degradação, leva à contínua perda da qualidade e do suporte do sistema. Segundo Dias-Filho (2017), esse processo pode ser caracterizado em quatro

diferentes níveis. O primeiro nível (degradação leve) é caracterizado pela redução de até 20% da capacidade de suporte e presença de manchas de solo descoberto mais infestação de daninhas, enquanto no segundo nível (degradação moderada) a capacidade de suporte cai entre 30 a 50% e os parâmetros mencionados aumentam substancialmente. O terceiro nível (degradação forte) ou degradação agrícola, reduz entre 60 e 80% da capacidade de suporte e conduz à infestação e solo descoberto de forma excessiva. O quarto nível (degradação muito forte) ou degradação biológica, possui capacidade de suporte que cai acima de 80%.

Como forma de contornar essa problemática, existem políticas públicas que visam disseminar diferentes tecnologias que podem alterar esses padrões de degradação por meio de técnicas pouco impactantes para o solo (BRASIL, 2012). Entre elas, podem ser citados o uso de florestas plantadas, recuperação de pastagens degradadas, tratamentos de dejetos animais, sistema de plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais. No entanto, essas práticas atuam quando o processo de degradação já está instalado, entrando em foco os estudos que visam utilizar as áreas com maior potencial agrícola e que sejam pouco propensas ao processo de degradação do solo.

Nesse sentido, os estudos que levam ao zoneamento ambiental ganham destaque, já que indicam as melhores condições para o cultivo agrícola, considerando para tal as características apresentadas na paisagem. Essa aptidão agrícola utilizada por meio do zoneamento está relacionada diretamente com a capacidade de uso das terras, podendo ser utilizada para analisar processos de degradação do solo (ZANATTA et al., 2019). Em outras palavras, o zoneamento agroecológico aliado com práticas sustentáveis ao sistema edáfico, parece ser a chave para recuperar áreas degradadas e aumentar a produção dentro de um mesmo contexto ambiental.

Os estudos sobre zoneamento agroecológico são antigos (SÁNCHEZ, 1989; PARRON et al., 1998; CREPANI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011), entretanto, sua relevância continua até os dias atuais. Para tal estudo é preciso realizar uma análise integrada da paisagem, por meio de indicadores climáticos, edáficos, vegetacional e estudos geológicos, isso porque esses indicadores possuem relações com as atividades antrópicas (SÁNCHEZ, 1989). A interpolação desses indicadores para uma certa região, por exemplo, possibilita delimitar áreas de maior aptidão agrícola, permitindo que o zoneamento ecológico-econômico seja disseminado de forma criteriosa (CREPANI et al., 2008).

Existem diferentes tipos de zoneamento, entretanto, considerado o de cunho agrícola temos aquele de aptidão agrícola, o agroclimático, aquele considerado apenas agrícola e o agrícola com risco ambiental. Ambos os zoneamentos possuem características para analisar os riscos ambientais a partir de determinados indicativos, além de que cada um possui problemas

específicos em sua utilização (SANTOS & MARTINS, 2016). O zoneamento agrícola, por exemplo, está baseado no tipo de solo, clima local e fenologia da planta, que são capazes de trazer indicativos como melhor época de plantio e seleção de cultivares, porém, esse tipo de zoneamento não considera a possibilidade de riscos toleráveis.

Em outras palavras, avaliar as potencialidades e limitações do ambiente de acordo com os estudos que utilizam a tecnologia do zoneamento agroecológico, parece ser o caminho mais correto para atingir altas produtividades em conjunto com o desenvolvimento sustentável, levando em conta inclusive os riscos inerentes ao processo. Essa prática, aliada a diversas outras tecnologias disseminadas para o setor agrícola, atuam na capacidade de geração de um setor sério e produtivo, que se ocupa cada vez mais com os problemas globais aos quais às atividades agrícolas se integram. Dada a importância desse tipo de avaliação, precisa-se conhecer como esses estudos são realizados, bem como, exemplos de casos apresentados na literatura.

8.1.1.2. Estudos Literários

Alguns estudos de zoneamento, necessitam de informações obtidas por meio do geoprocessamento e sensoriamento remoto. Os achados de Crepani et al. (2008), por exemplo, apresentam interpolação de dados referentes aos municípios de Gilbués, no Piauí, demonstrando características de vulnerabilidade do solo de acordo com dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, vegetação e uso da terra, e climáticos. Os resultados obtidos por esses pesquisadores, permitem o gerenciamento das terras por meio do seu mapa de aptidão agrícola e seleção de determinada atividade de manejo agrícola, ambos contribuindo para o zoneamento ecológico-econômico das áreas inseridas na região analisada.

Outro tipo de vertente é a do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que é realizado para avaliação dos riscos climáticos para o emprego de culturas agrícolas, por meio da integração de informações relacionadas como o solo, o clima e as características fenológicas das espécies de interesse (ASSAD et al., 2008; SANTOS & MARTINS, 2016). Esse tipo de estudo é essencial, já que as mudanças climáticas irão causar efeitos na produção agrícola. Assim, o ZARC é objeto que serve para zonedar áreas de maiores riscos para determinadas culturas e premeditar as áreas com potencial para cultivo de acordo com cenário que leve em consideração, por exemplo, o aumento da temperatura.

Em relação aos estudos de conservação do solo e da água, o zoneamento ambiental também entra como importante mecanismo para compreender quais áreas podem ser destinadas

ao cultivo agrícola, bem como quais áreas devem ser recuperadas ou preservadas (OLIVEIRA et al., 2011). Por meio dos fatores relacionados com a equação universal de perda de solos, como erodibilidade do solo, erosividade da chuva, aqueles relacionados com a topografia da paisagem e o manejo e uso do solo, é possível traçar as áreas que apresentam maiores riscos ao processo de erosão e que necessitam de atenção por meio de técnicas que auxiliem na conservação do sistema edáfico.

Outros estudos se detêm na avaliação das características do ambiente que permitam elencar as potencialidades e limitações do solo, de acordo com as propriedades do sistema (MARTINS et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2021). A pesquisa de Martins et al. (2016), por exemplo, aponta o uso do zoneamento geológico e geomorfológico para averiguar quais as áreas de maior e menor fertilidade do solo e oferta de agrominerais. Por outro lado, a pesquisa de Teixeira et al. (2021) demonstra que a composição granulométrica do solo serve para estimar a água disponível, que pode, por sua vez, ser empregada no zoneamento agrícola da paisagem.

O zoneamento agrícola a partir das características apresentadas pelos sistemas edáficos, parece ser a melhor forma de se relacionar com o potencial produtivo das culturas agrícolas, já que é o meio de suporte para o desenvolvimento dessas. A pesquisa de Greschuk (2022), demonstra que a organização das características físicas, químicas e biológicas do solo no espaço atua como ponto chave para entender quais regiões possuem solos com alto e baixo potencial produtivo para grandes culturas, como soja e cana-de-açúcar. Os estudos de zoneamento agrícola são voltados, principalmente, para a possibilidade de aumento do potencial produtivo, sobretudo com sua integração para as culturas de interesse.

Por outro lado, ao mesmo tempo em que há preocupação em zonedar as potenciais áreas de aptidão agrícola, os estudos de zoneamento também precisam se atentar para as áreas que devem ser empregadas apenas para conservação, como as Áreas de Preservação Permanente (APP). No estudo de Souza et al. (2013), os pesquisadores demonstraram que o zoneamento agrícola deve ser seguido pelo zoneamento ambiental, com o último elencando características como cursos d'água, ao redor de nascentes, declividades maiores que 45° e topos de morro. Esses estudos apresentaram redução de 5% das áreas aptas para o cultivo do caju no estado de Pernambuco, ao ser considerado o zoneamento ambiental por meio de APP.

Esse tipo de zoneamento ecológico-econômico de uma área, pode ser realizado, inclusive, a nível de bacia hidrográfica, como pode ser avaliado pelos dados de Silva & Martins (2021). Esses pesquisadores fizeram uma análise na paisagem de acordo com características de uso e cobertura da terra, obtendo o resultado da divisão de cinco diferentes zonas, que vão desde área restrita para conservação, até expansão urbana e industrial e uso agrosilvopastoril. Esses

resultados trazem inúmeros benefícios para a sociedade, principalmente pelo uso da paisagem de forma controlada e eficiente, além da preservação dos cursos d'água de toda a bacia.

Os levantamentos de solo que são realizados, tem por finalidade melhorar o planejamento e ocupação das terras (OLIVEIRA NETO et al., 2016; ARAÚJO FILHO et al., 2021), auxiliando, também, nos estudos de zoneamento agroecológico, especialmente quando se refere a grandes escalas, como por exemplo para um estado federativo (SANTOS et al., 2013). Esses estudos pedológicos, permitem que as terras sejam classificadas em diferentes potenciais de uso, enfatizando aspectos socioeconômicos, de uso e cobertura de solo, climáticos e ambientais. Devido à vastidão de informações disponíveis, esses zoneamentos em maiores dimensões, podem ser organizados em softwares flexíveis, que facilitem o acesso da informação (SILVEIRA, 2013).

Outras pesquisas desenvolvidas mais recentemente pela EMBRAPA Solos UEP Recife e seus parceiros e que já integram a plataforma do PronaSolos, são: o zoneamento edafoclimático participativo de áreas potenciais à construção de barragens subterrâneas para o estado de Alagoas (ZonBarragem); o zoneamento pedoclimático da área de influência do canal das vertentes litorâneas da Paraíba (ZONPB); e a avaliação, predição e mapeamento de água disponível em solos do Brasil (ARAÚJO FILHO et al., 2021).

Surgida em 1957 como Frente Regional Nordeste da Comissão de Solos do Ministério da Agricultura, antes mesmo da EMBRAPA, a Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife, vinculada à EMBRAPA Solos (Rio de Janeiro, RJ) é responsável, desde a sua criação, por enormes avanços na ciência do solo e por todos os levantamentos de solo e zoneamentos agroecológicos realizados pela EMBRAPA na região (ZANE, ZAPE, ZAAL, ZONPB etc.) e que são a base para o avanço da agricultura no Nordeste.

Por fim, fica evidente a relevância que os estudos de zoneamento agroecológico possuem para produção agrícola, seja em grande ou pequena escala, fato que pode ser integrado com a obtenção do desenvolvimento sustentável, uma vez que atende a suas perspectivas. A aplicação das tecnologias advindas do emprego dos estudos de zoneamento, atuam também no uso de outras tecnologias, como por exemplo a inserção de barragem subterrânea em determinadas áreas, que precisa de um estudo detalhado do ambiente, com parte dos dados podendo ser fornecido pelos estudos de zoneamento. Então, esse tipo de linha de estudo precisa ser cada vez mais disseminado, sobretudo quando se pensa na tomada de decisões do setor agropecuário.

8.1.2. Barragens Subterrâneas

8.1.2.1. *Parâmetros Gerais da Tecnologia*

A água como importante recurso do planeta, atua amplamente dentro dos ecossistemas e permeia todas as formas de vida presentes na biosfera. Está presente de alguma forma em todos os níveis de organização da vida, atuando nos mecanismos biofísicos, bioquímicos, metabólicos e fisiológicos dos organismos. Além do contato com a biosfera, o ciclo da água também atua sobre as condições climáticas do planeta, principalmente no que tange à pluviosidade e à umidade relativa do ar, características que impactam na modificação das paisagens naturais. Parte desse ciclo também coincide com a pedosfera, formando o principal reservatório para as sociedades humanas, pela água doce existente nos rios, lagos e aquíferos.

Em relação às atividades antrópicas, é indispensável para os processos produtivos e para a manutenção da vida humana, o uso de água potável de qualidade. A resolução nº 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2022), apresenta classificação para a qualidade das águas naturais dos territórios de acordo com importantes parâmetros. Esses parâmetros vão desde características físicas e químicas apresentadas pelo corpo d'água, até padrões biológicos relacionados, principalmente, com a atividade de microrganismos. Nesse sentido, as águas utilizadas para abastecimento humano devem apresentar padrões naturais, toxicológicos e sanitários adequados, com o uso não prejudicando a saúde humana.

Os achados de Farias & Oliveira et al. (2008) trazem parâmetros que se relacionam à qualidade apresentada pela água no sistema, alguns deles são: concentração total de sais solúveis, relação de adsorção de sódio, presença de íons tóxicos, relação cálcio/magnésio e moléculas biocidas dissolvidas no sistema. Os autores apresentam níveis para a classificação da água de acordo com a quantidade de cada um desses parâmetro no sistema, vinculando essas respostas à intensidade e à forma com que o sistema edáfico deve ser manejado. A exemplo disso, têm-se os níveis de risco de salinidade e sodicidade da água utilizada para irrigação, com níveis que impossibilitam, inclusive, o seu emprego no sistema.

Outras características físicas e químicas importantes para a análise das águas naturais, podem ser elencadas como: temperatura; potencial hidrogeniônico (pH); concentração de oxigênio dissolvido; condutividade elétrica (CE); turbidez; carbono inorgânico dissolvido; materiais inorgânicos em suspensão; alcalinidade; dureza e composição iônica (RODRÍGUEZ, 2001). Outras variáveis estão relacionadas com a caracterização da quantidade de matéria orgânica, como carbono orgânico dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO), demanda

bioquímica de oxigênio (DBQ) e sólidos orgânicos em suspensão. Existem, ainda, os métodos que visam analisar os indicadores de eutrofização, por meio da concentração de nitrogênio orgânico total, nitrito, nitrato, amônia e fósforo total.

Alguns métodos se ocupam em determinações para caracterizar a qualidade biológica das águas naturais. O uso do método de fermentação em tubos múltiplos, por exemplo, determina o número mais provável de coliformes em determinado volume de água (100 mL). Análises ecotoxicológicas também são de extrema importância, já que utilizam testes em espécies animais e vegetais, com o intuito de entender como estão relacionadas as condições apresentadas pelo corpo d'água com a imobilidade e mortalidade de indivíduos previamente selecionados ou, ainda, alterações estruturais no índice mitótico de raízes (ESPANIOL, 2018). Essas características reunidas e outras que possam ser incrementadas, servem para determinar se a água em questão possui qualidade para ser empregada nas atividades humanas.

O estudo de Pinto et al. (2012) demonstra que atividades do setor agropecuário impactam locais de nascente, diminuindo a qualidade da água, já que modificam sua cor, turbidez, aumentam os níveis de oxigênio dissolvido, fósforo total e nitrogênio, além da contaminação por microrganismos superior aos padrões exigidos pela legislação. A exploração agrícola em locais onde existem barragens subterrâneas por sua vez, pode ser amplamente disseminada, pois essa tecnologia traz benefícios para o armazenamento de água, não apresenta grandes riscos para salinização dos solos quando é manejada de forma controlada e atua na elevação dos teores de sedimentos no interior da área (SILVA et al., 1998).

Além da qualidade das águas presentes no território, outro padrão de grande impacto é a quantidade de água disponível, fato que tem diminuído significativamente nos últimos anos. O seu acesso pela população, por exemplo, é bem desuniforme de acordo com a região onde está inserida. Regiões litorâneas possuem condições de maior precipitação anual, boa distribuição das chuvas ao longo dos meses e altitude próxima ao nível do mar. Conseqüentemente, possuem melhores condições hidrológicas, mas com abastecimento prejudicado devido, essencialmente, a questões políticas. Por outro lado, regiões localizadas no semiárido possuem menor precipitação anual, chuvas concentradas em alguns meses do ano e, geralmente, estão em maiores altitudes, necessitam de políticas que atuem no aproveitamento dessas águas.

Nesse contexto, as barragens subterrâneas exercem o papel de aproveitamento dessas águas, para posterior uso ao longo da época seca nas regiões semiáridas. Essas barragens são formadas a partir da modificação das paisagens naturais em localidades com características específicas. Essas intervenções são consideradas de baixo custo e simples, podendo ser empregadas em longa escala e necessitando serem disseminadas, já que é um importante meio

para se tentar conviver com a presença marcante da seca (COSTA et al., 1998). A construção dessas barragens com uso de estrutura impermeável, visa barrar o fluxo subterrâneo de aquífero criado ou preexistente, ou, ainda, algum fluxo superficial, para que o corpo d'água seja contido, captado e aproveitado (LIMA et al., 2013).

Existem etapas para se seguir em uma implementação bem-sucedida de uma barragem subterrânea, a serem realizadas depois do trabalho de avaliação da paisagem. Vale ressaltar que parâmetros ambientais são de extrema importância para o projeto desse tipo de tecnologia, algo que será apresentado minuciosamente em outro tópico. A primeira etapa visa a escavação da vala na direção transversal do escoamento, que deve ter largura total e profundidade para possibilitar o encontro com a rocha inalterada. Após sua abertura, a vala deve ser impermeabilizada por meio de argila compactada ou lona, que possibilitem o barramento do escoamento natural. Nesse momento, deve-se realizar a construção do poço amazonas com a finalidade de aproveitamento da água retida, este será modificado de acordo com o tamanho do barramento para facilitar a drenagem de água para o poço (CIRILO & COSTA, 1999).

Após concluir as etapas anteriores, a próxima visa o enchimento da vala pelo mesmo material que foi retirado em sua escavação. Existe, também, a necessidade de se realizar o enrocamento a com rochas sob a superfície da vala, com cerca de 0,5 m de altura, com a intenção de auxiliar na maior infiltração do escoamento superficial de água no terreno. Além disso, é aconselhável construir piezômetros a montante da barragem, em distância entre 100 e 200 m, com a finalidade de monitorar o rebaixamento do nível d'água ao longo do tempo.

Esse tipo de tecnologia não deve ser pensado para solucionar todos os problemas da água na região semiárida, assim como não deve substituir qualquer outra intervenção que venha a melhorar as condições de disponibilidade hídrica nesse ambiente. Mas existem algumas vantagens no emprego dessa tecnologia e que devem ser consideradas, tais como: existir área de plantio no mesmo local de captação de água, menores perdas em comparação às barragens superficiais; menor índice de poluição superficial; baixo custo de construção; geração de emprego e manutenção produtiva; diminuição da evaporação; além de proporcionar a diversificação de cultivos e segurança alimentar (SILVA et al., 2007b).

Existe a necessidade de se considerar que as barragens subterrâneas devem ser construídas de acordo com parâmetros técnicos recomendados e, ainda assim, haverá alguns problemas atrelados ao uso dessa tecnologia de convivência com o semiárido. Algo que foi pautado por Silva et al. (2007a), como: não é um projeto que se adequa em todo o ambiente; há emprego de manejo inadequado nas áreas de captação e/ou plantio; falta de conhecimento para a maioria dos agricultores que vivem sobre a barragem; e, por último, caso não sejam seguidas

as recomendações, o uso desse tipo de barragem pode trazer problemas ambientais como a salinização da área de captação.

Ao ponderar os potenciais e limitações dessa tecnologia, chega-se a um balanço positivo por suas vantagens, o que aumenta sua importância como veículo de desenvolvimento para a região semiárida. Em relação aos quesitos econômicos, para implementação da barragem subterrânea existe grande variedade nos custos do empreendimento, que gira em função de fatores como: material utilizado; disponibilidade de mão-de-obra ou de tempo máquina; profundidade da camada impermeável; e o próprio comprimento da vala (SILVA et al., 2001). Em média, o custo varia de R\$ 15.000,00 (ou US\$ 2,845.54) a R\$ 25.000,00 (US\$ 4,742.57), incluindo sistema de irrigação completo, considerando para conversão o USD 1.00 = BRL 5,27.

Em França et al. (2016) existe uma longa descrição de todos os custos e investimentos necessários para a implantação de uma barragem subterrânea, inclusive na comparação de alguns exemplos estudados em diferentes localidades. Os pesquisadores demonstram que os custos podem ser rapidamente quitados pelo investimento que pode ser realizado com a exploração agrícola na área da barragem. Com isso, essa tecnologia se torna efetiva e viável para o agricultor familiar, sendo de baixo investimento e trazendo benefícios indispensáveis na oferta de recursos em períodos de estiagem.

Mesmo sendo uma tecnologia de baixo custo e de grande importância social, as barragens subterrâneas precisam de pesquisa de alocação e, também, manutenção ao longo tempo, já que possuem estruturas em sua composição que se desgastam e podem comprometer o seu funcionamento. Em virtude desse fato, existe a necessidade de se realizar a alocação da barragem, desde que sejam empregadas técnicas pouco invasivas. Lima et al. (2018) expõem o uso de radar de penetração no solo (Ground Penetrating Radar – GPR), permitindo indicar as irregularidades do embasamento cristalino, da topografia externa e proporcionando o aumento da área de acumulação hídrica.

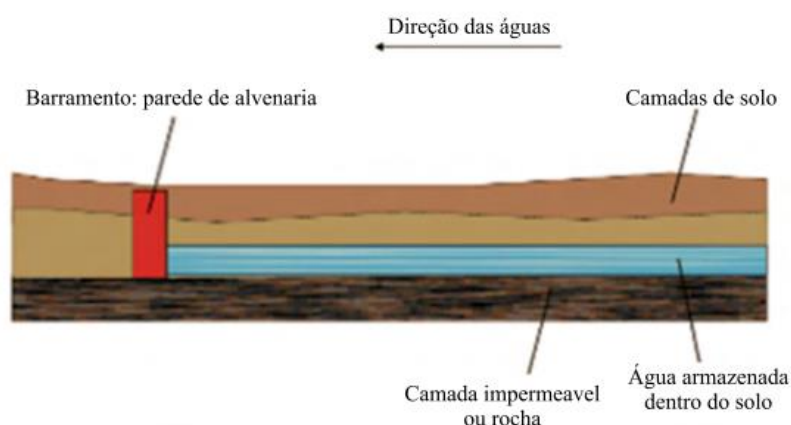
Já no que diz respeito o monitoramento da área em que a barragem está inserida, o mesmo equipamento pode ser utilizado. O trabalho de Lima (2013) demonstra que o GPR pode substituir a instalação de sistema de piezômetros e contribuir para o cálculo da reserva hídrica, impactando diretamente na redução de custos, além do fornecimento do nível freático instantâneo e ao longo do tempo. O monitoramento da salinidade também tem importância e precisa ser realizado por meio da coleta de amostras de solo e de água no decorrer dos anos, visando identificar alterações nas características do sistema edáfico e da água (LIMA, 2013). Essas atividades mencionadas são indispensáveis na tomada de decisão.

Contextualizando o levantamento feito até o momento, fica evidente a importância que as barragens subterrâneas possuem nas questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável. A realidade ambiental das regiões inseridas no semiárido, os custos reduzidos que a tecnologia possui para ser implementada, os vários benefícios sociais atrelados ao seu manejo e a integração desses fatores com as demais consequências do uso de barragens subterrâneas, permitem superar os entraves históricos da convivência com a seca do semiárido. Mesmo com essa compreensão, existe a necessidade de se conhecer os tipos de modelos possíveis para essa tecnologia, juntamente com casos de sucesso que possam ser reproduzidos.

8.1.2.2. Modelos Conceituais

Existem algumas variações quanto ao tipo de barragem subterrânea ou de acordo com sua metodologia de construção, algo que foi sintetizado ao longo de anos e precisa ser respaldado pela ciência, para que os conceitos gerais sejam atualizados conforme a necessidade do emprego da tecnologia. Atualmente, o conceito de barragem subterrânea é mantido de forma geral para todos os modelos conhecidos, entretanto, segundo Lima et al. (2013), as barragens são divididas em submersas (Figura 10) e submersíveis.

Figura 10. Esquema com a representação de barragem subterrânea do tipo submersa. Fonte: Silva et al. (2019)



Os autores Silva et al. (2019) descrevem a barragem subterrânea do grupo submersa como aquela que possui a parede completamente dentro do perfil do solo, que barra apenas o fluxo de água subterrâneo. Esse modelo de barragem é difundido em outras partes do mundo (ISHIDA et al., 2003; APAYDIN, 2009; SENTHILKUMAR & ELAGON, 2011), assim como

no território nacional. Este tipo de construção é preferível em locais que possuem rios intermitentes e razoáveis áreas de recarga a montante da barragem, o que é encontrado em diversas localidades. Essas características permitem boa reserva hídrica para este grupo de barragem subterrânea. Costa (2004) apontou que o regime de bombeamento de 8 horas por dia, capacitava o fornecimento de 40 m³ por hora para o município de Mamede (PB).

O aproveitamento de água desse método de barragem subterrânea pode ser possibilitado pela construção do poço amazonas na zona saturada onde a água é armazenada. Este modelo, além de ser o mais empregado por entidades governamentais, é o mais utilizado para localidades do semiárido nordestino, sendo difundido principalmente como modelo Costa & Melo, como pode ser visto na Figura 11 (LIMA et al., 2013). Mesmo sendo bastante difundido, este modelo necessita de recarga subterrânea suficiente para o aproveitamento da água e presença de corpos aluvionares mais espessos e profundos, fatores limitantes para diversas localidades do semiárido nordestino.

Figura 11. Barragem subterrânea submersa do modelo Costa & Melo, com detalhe para o poço e parede de proteção (a), além de plantio de mandioca (b). Fonte: Silva et al. (2021)

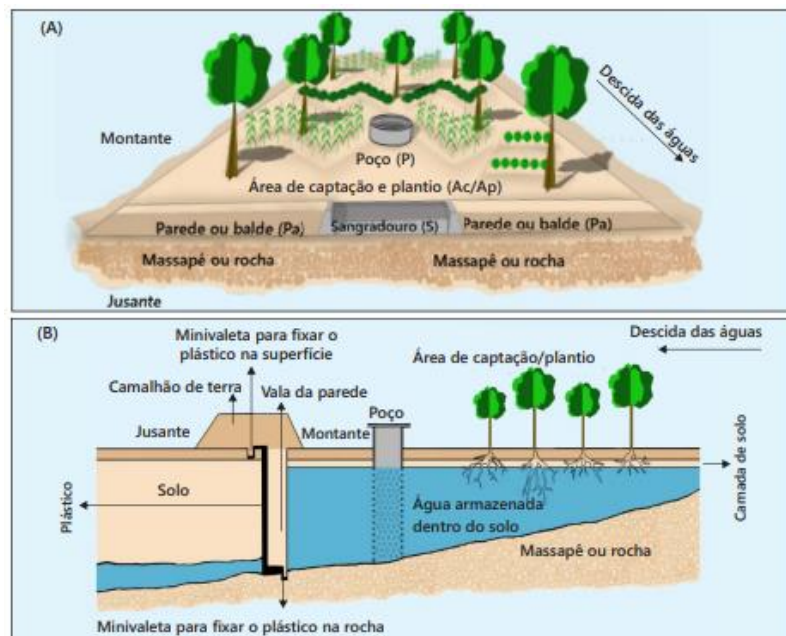


Por outro lado, a barragem subterrânea do grupo submersível (Figura 12), recebe essa denominação pelo fato de verterem a vazão da água acumulada superficialmente por sangradouros de concreto que são construídos artificialmente (LIMA et al., 2013). De acordo com Silva et al. (2007b), esse tipo de barragem é caracterizado pela presença de septo impermeável ou parede, que inicia na rocha ou camada impermeável e termina em 0,7 m de altura acima da superfície do terreno (Figura 12). Em outras palavras, o objetivo desse modelo é barrar os fluxos de água superficial e subterrâneo de um aquífero criado ou pré-existente.

Existem consequências com a construção desse tipo de barragem. O fluxo de água barrado infiltra lentamente após a época das chuvas, formando um espelho d'água e/ou lago que

possibilita o plantio de culturas agrícolas na zona umedecida a medida que a água barrada vai diminuindo. Além disso, a parede construída acima do solo permite o acúmulo de sedimentos orgânicos ao longo do tempo, que atuam no aumento da capacidade de armazenamento de água (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019). Esse tipo de modelo pode ser implementado em leito de rio e riacho com pequena a média vazão e/ou em linhas de drenagem natural das águas.

Figura 12. Esquema representativo dos componentes de uma barragem subterrânea do tipo submersível (a) e seu funcionamento (b). Fonte: Silva et al. (2021)



A construção do vertedouro serve para que parte da água do escoamento superficial continue além da área de captação, sendo dimensionado de acordo com o volume de água que passa durante a maior cheia. O comprimento recomendado do sangradouro, deve ser 6, 10 ou 15 m, de acordo com as características climáticas (LIMA et al., 2013), podendo, inclusive, ser construído mais de um sangradouro se houver forte fluxo de água. O poço amazonas também pode ser construído, desde que se atente para que o último anel esteja acima da cota de sangria, evitando que o poço fique submerso em épocas de sangria.

Essas características da barragem submersível expostas, ficaram conhecidas na literatura como modelo EMBRAPA (Figura 13), por ter sido a pioneira na implantação desse tipo de barragem. Esse modelo não só possibilita a introdução de uma agricultura de vazante dentro da área, como também permite que haja ampliação da área de construção da barragem, uma vez que esse modelo pode ser implantado fora de área aluvional. O modelo ASA também é outro exemplo de barragem submersível comum (Figura 14), diferente do anterior por ter inovado no

uso de material impermeabilizante para aproveitamento do leito de rios e riachos de média vazão, além do sangradouro ser de alvenaria e o poço ser do tipo cacimbão.

Figura 13. Barragem subterrânea submersível do modelo EMBRAPA, com detalhe para a área de captação e plantio agrícola. Fonte: Silva et al. (2021)



Figura 14. Barragem subterrânea submersível do modelo ASA, com detalhe para produção de milho e feijão, sangradouro e caixa d'água (a). Barragem subterrânea submersível do modelo ASA, mostrando parede em finalização, poço e sangradouro (b). Fonte: Silva et al. (2021)



Esses dois modelos, quando comparados com o modelo Costa & Melo de barragem submersa, possibilitam a oportunidade do cultivo na zona de umedecimento do solo, fator preponderante para as famílias do local onde a barragem foi inserida (SILVA et al., 2019). O último modelo disseminado de barragem submersível ficou conhecido como modelo Serra Negra do Norte (Figura 15), distinguindo-se dos demais pelo seu maior porte e capacidade de acumulação hídrica (superficial e subterrânea), logo, sendo mais custoso economicamente. Esse tipo de modelo possibilita que rios antes intermitentes, possam passar por regimes de perenidade em alguns trechos, devido a sua construção sequenciada.

Figura 15. Barragem subterrânea submersível do modelo Serra Negra do Norte, construído no leito de rio. Fonte: Lima et al. (2013)



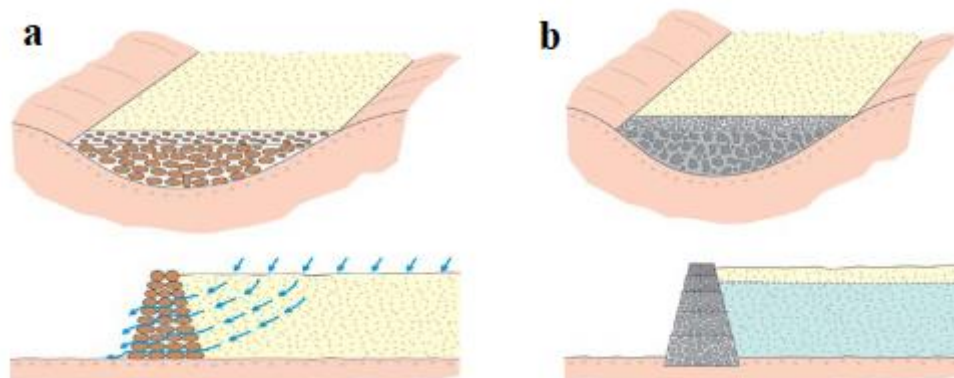
Como fica evidente, os modelos apresentados possuem pequenas distinções entre si, com a intenção principal de melhoramento de um mais antigo, pela melhor adequação às condições impostas pelo ambiente de implementação e/ou pela necessidade da família. Entretanto, a proposta da construção de barragens subterrâneas possui a função geral de armazenamento de recursos hídricos, fato esse encontrado em todas as tecnologias apresentadas. Devido a essas variações da tecnologia, existe a necessidade de se atentar para as condições ambientais essenciais para a disseminação adequada de determinado modelo de barragem subterrânea.

Vale reportar que existem, também, barragens de assoreamento, disseminadas como outro tipo de tecnologia que visa o aproveitamento da água, com sua construção e alocação se assemelhando às barragens subterrâneas, porém, com o barramento da água com finalidade distinta (COSTA, 2014). Esse tipo de barragem é construído no leito de rio que não tem aluvião ou tem reduzida espessura de detritos, podendo ser separada em dois tipos (Figura 16). As de parede permeável, visam diminuir o assoreamento de açudes a jusante pela redução de sua capacidade em acumular água e, também, na criação de um depósito de aluvião que permita aumentar a área de plantio. As de parede impermeável por sua vez, além das características anteriores, possuem a capacidade de acumulação da água no depósito formado.

O modelo que será utilizado, dependerá de fatores como local de construção, condições de relevo, capacidade de armazenamento, vazão da água no ambiente escolhido, qualidade da água, camada impermeável e tipos de rochas com ocorrência na área, capital econômico do proprietário, características climáticas e atributos edáficos (SILVA et al., 2021). Os dois últimos mencionados são de grande relevância, pois o solo está relacionado com o sistema que suportará a barragem que será estabelecida, enquanto que o clima é o responsável por caracterizar as

condições apresentadas pelo semiárido, fator preponderante para a instalação de barragem subterrânea no armazenamento e aproveitamento da água.

Figura 16. Esquema de barragem de assoreamento permeável (a) e impermeável (b). Fonte: Costa (2014)



8.1.2.3. Características Edafoclimáticas

Antes de se partir para a construção da barragem subterrânea, é imprescindível um minucioso estudo do terreno, isso porque a mesma deve estar inserida em um contexto ambiental que vise aumentar a eficiência de sua recarga natural. Características como áreas de leitos de rios, riachos ou linhas naturais de drenagem, com declividade que variam de 0,4 a 2%, solos que não apresentem problemas de salinidade, que sejam aluviais, com profundidade de camada impermeável se encontrando no máximo entre 3 a 4 m e que apresentem textura de média a grossa, são algumas características que se procuram nas áreas onde as barragens serão inseridas (SILVA et al., 2001). O estudo de vazão nesse caso também tem grande relevância, pois essa não deve ser suficiente para prejudicar a estrutura da barragem.

Algumas condições climáticas do ambiente onde será inserida a barragem subterrânea, precisam ser bem compreendidas para que não haja prejuízos no projeto. A frequência, intensidade, duração e média anual das chuvas, além da variação de temperatura e umidade do ambiente, influem, inclusive, na escolha do modelo de barragem que será adotada (SILVA et al., 2019). Locais com precipitação mínima de 200 mm anuais bem distribuídos, atuam no acúmulo de água na barragem subterrânea em regiões de clima seco, entretanto, existe a necessidade do desenvolvimento de outros trabalhos que relacionem os melhores e piores cenários climáticos para esse tipo de projeto.

Outra informação importante para se levar em consideração é o embasamento cristalino e/ou a bacia sedimentar que compõe o ambiente, já que esse tipo de estudo traz indícios sobre os tipos de rochas que podem estar presentes. A rocha será necessária para impermeabilizar a estrutura da barragem, impedindo o movimento de saída da água do sistema, então é preferível utilizar áreas com rochas mais resistentes (ígneas e/ou metamórficas) em detrimento de áreas com rochas menos resistentes (sedimentares). Por exemplo, áreas com ocorrência de gnaiss e/ou granito, são capacitadas para a construção da barragem ainda que apresentem reações com o tempo, diferente da ocorrência de arenito e/ou calcário (SILVA et al., 2021).

As características do sistema edáfico onde a barragem está inserida, são talvez os parâmetros mais importantes a serem considerados no momento de tomada de decisão para implementação da tecnologia. Isso decorre do fato de que o solo será o meio pelo qual a água irá ficar retida e/ou se movimentará, resultando, assim, no efeito esperado pelo emprego dessa técnica. Dessa forma, é imprescindível que seja realizada a análise do solo da área, levando em consideração alguns de seus atributos físicos e químicos, além de levantar questões sobre a necessidade de se considerar a análise de atributos biológicos, visto que esses possuem extrema relação com os padrões de qualidade ambiental e em específico da água.

O conjunto dos atributos do solo podem determinar importantes características da área, como, por exemplo, aqueles relacionados com a classificação dos solos que mais predominam na paisagem. A própria trincheira aberta para realizar as atividades construtivas da barragem, pode ser utilizada para essa importante finalidade. A classe do solo possibilita entender quais as potencialidade e limitações de diferentes manejos no sistema, seja pensando nas culturas agrícolas que podem ser manuseadas na área, ou até pelas necessidades estruturais do projeto. Os autores Silva et al. (2008) identificaram as classes dos Neossolos Flúvicos e dos Luvisolos nas áreas de influência de barragem subterrânea, solos com distintos atributos físicos e químicos, assim como diferentes formas de utilização em relação às atividades humanas.

Alguns atributos trazem informações mais generalizadas sobre a organização do sistema edáfico, seja pela sua estrutura ou composição natural. As características do relevo e o estudo planialtimétrico do local também devem ser inseridos no detalhamento do projeto, pois condicionam onde será posta cada parte das estruturas que compõem a barragem. A profundidade efetiva, por exemplo, determinará a espessura do sistema até chegar em seu material de origem, que, por sua vez, incide diretamente na coluna d'água que poderá ser retida. Entretanto, essa profundidade não deve ser muito elevada, pois isso pode inviabilizar o uso da tecnologia, principalmente, pelos custos operacionais.

A análise do potencial hidrogeniônico (pH), por sua vez, pode alertar se o sistema está em escala de acidez ou alcalinidade, fato preponderante para a dinâmica dos íons com os colóides do solo. A condutividade elétrica (CE) do sistema talvez seja a principal característica quando se pensa na salinidade, já que seu valor nas análises de solo e de água, estão relacionados com a quantidade de íons presentes no sistema. O trabalho de Melo et al. (2018), por exemplo, não demonstra alterações significativas nos valores de pH e CE de amostras de solos coletadas em área com inserção de barragem subterrânea. Mesmo assim, seu monitoramento precisa ser constante, já que podem ser alterados pelo manejo ambiental.

Com relação aos atributos físicos do solo, a composição granulométrica talvez seja uma das que mais impactam para a projeto, já que o teor de argila elevado pode comprometer bastante a infiltração e drenagem da água no sistema, além de poder atuar como grande reserva de cátions, mas também pode causar maior possibilidade de salinização do sistema. Solos de textura mais arenosa, por sua vez, permitem a drenagem da água pelo sistema e, principalmente, para o poço amazonas, servindo como distribuidor natural da água. Dessa forma, o movimento de água dentro do sistema, está diretamente relacionada a sua natureza física.

A densidade do solo também representa importante característica na qualidade do sistema, já que atua em todos os outros atributos, como aqueles relacionados com a porosidade, aeração, permeabilidade e condutividade hidráulica, além da resistência à penetração das raízes. Os autores Silva et al. (2010) demonstraram maiores retenções de água nas encostas de barragem subterrânea e maiores densidades na área de captação e plantio. Segundo as análises realizadas pelos pesquisadores, as encostas possuem maiores teores de silte e argila, assim como, as áreas de captação e plantio possuem maiores teores de areia, sedimentação e sobreposição de camadas, fatores que impactam negativamente no sistema.

Devido a essa consequência de aumento na densidade e impacto nos demais atributos físicos do sistema, a tecnologia de barragens subterrâneas precisa ser seguida por meio de práticas agrícolas favoráveis, visando diminuição nos níveis de densidade para que não prejudiquem o desenvolvimento das culturas e possibilitem armazenamento satisfatório de água, com a preferência por valores abaixo de $1,61 \text{ kg dm}^{-3}$ (SILVA et al., 2010). A cobertura do solo, adubações orgânicas, uso de condicionadores e plantas escarificadoras naturais, podem servir para melhorar a qualidade física do sistema edáfico em áreas de barragem subterrânea.

Para os atributos químicos, algo pouco mencionado nesses estudos é a caracterização mineralógica das partículas que compõem o sistema, com os argilominerais sendo os mais importantes nesse quesito. Solos com predomínio de argilominerais do tipo 2:1 (esmectitas e vermiculitas) podem impactar negativamente, pois aumentam a reatividade do sistema em reter

a água e não possibilitar sua fácil movimentação, já solos com predomínio de argilominerais do tipo 1:1 (caulinita e haloisita) e com presença de óxidos de alumínio e ferro podem ajudar na estruturação e distribuição da água no sistema.

A constituição química do solo possui grande importância nas áreas com presença de barragem subterrânea, principalmente, quando se pensa na sua capacidade de sustentação por meio dos plantios agrícolas. Geralmente, os atributos químicos do sistema permitem alta fertilidade mesmo com a presença de textura arenosa, fato esse contrariado apenas nos casos em que o solo está sobre material de origem pobre, como rochas ácidas (SILVA et al., 2010). Esse fato decorre do incremento de sedimentos orgânicos alóctones, que atuam no aumento dos teores de cálcio e magnésio, reduzem problemas com o alumínio e elevam a CTC do solo.

Segundo Silva et al. (2010), essa alta fertilidade está ligada, principalmente, à presença de sedimentos colúvio-aluvionares que são depositados nas áreas que compõem a barragem subterrânea, advindo de toda a bacia hidrográfica por meio da movimentação da água no ambiente. Ainda que apresente qualidade química, o monitoramento do solo nessas áreas é imprescindível, uma vez que o manejo incorreto da adubação ou o aumento da presença de moléculas biocidas, podem trazer impactos negativos para o solo e todo o ecossistema. Vale ressaltar que esses atributos estão relacionados com a qualidade da água, com esses compostos podendo estar dissolvidos e complicar seu emprego nas atividades humanas (NASCIMENTO et al., 2008).

Alguns atributos importantes do sistema passam essencialmente pelos efeitos causados pela atividade dos microrganismos, que pode ser avaliada de acordo com análises como respiração basal do solo, presença de enzimas, carbono da biomassa microbiana e relações que estabelecem os quocientes metabólico e microbiano. O trabalho de Ferreira et al. (2015) avaliou a maior parte desses atributos biológicos do solo em áreas com a presença de barragem subterrânea, onde notaram que o emprego da tecnologia serviu para aumentar o aporte de carbono orgânico total (COT), além de que esse aporte não influenciou a atividade microbiana e o carbono da biomassa microbiana em relação com mata nativa e sistema convencional.

O COT é uma característica com grande relevância para o solo e para implantação de uma barragem subterrânea, pois seu incremento está relacionado de forma direta com o aumento no teor de material orgânico, já que o carbono geralmente compõe mais da metade desses materiais. A matéria orgânica, por sua vez, atua na qualidade do solo, modificando positivamente diversos atributos físicos, químicos e biológicos do sistema (KLEIN & KLEIN, 2015). Em outras palavras, o aumento no COT em locais com inserção de barragem subterrânea, causa maior retenção e disponibilidade de água e nutrientes no sistema.

No trabalho de Melo et al. (2018), fica evidente o aumento dos teores COT em área com presença de barragem subterrânea. Esses pesquisadores realizaram coletas dentro da área de captação da barragem após sete anos de sua construção, com tratamentos separados em início (área próxima do sangradouro), meio e fim (área mais distante do sangradouro) da barragem, além de uma área de referência a jusante da barragem e de finalidade comparativa. Foram encontrados maiores teores de carbono e fósforo nos tratamentos a montante da barragem, assim como, maior teor de carbono nas proximidades do sangradouro, provavelmente, pelo aumento do aporte de sedimentos nesses locais.

Existem alguns mecanismos que aumentam os estoques de carbono no solo, no entanto, o mais importante deles é aquele caracterizado pela decomposição dos resíduos advindos das plantas. A implementação de sistemas agroecológicos em áreas plantadas sobre barragem subterrânea ao longo do tempo, permite que o manejo do solo seja pensado de forma que conserve seu sistema e por consequência aumente os teores de COT (FERREIRA et al., 2010). Existe a necessidade de ressaltar que estudos qualitativos sobre a compartimentalização do COT em diferentes frações e influenciados por áreas com presença de barragem subterrânea, devem ser realizados para compreender o contexto que a dinâmica ambiental da matéria orgânica do solo possui nesse tipo de projeto.

Como pode ser observado, a maior parte das características ambientais possui alguma importância no estudo de barragem subterrânea, sendo a integração ambiental o passo essencial para a implementação bem-sucedida do empreendimento. Entretanto, deve-se compreender que sem os panoramas econômicos dos custos nada pode ser planejado com tanta praticidade. Assim, devem ser levadas em consideração as exigências sociais do proprietário e/ou da sociedade que poderá ser beneficiada. O lado social precisa ser analisado com cautela, pois muitas vezes é deixado de lado em relação às inovações científicas e tecnológicas, problema que deve ser sanado para que o sistema seja mantido ao longo dos anos, sempre pensando nas perspectivas da sustentabilidade.

8.1.2.4. Perspectivas Sociais para uso da Tecnologia

A parte social deve ser considerada o principal eixo norteador dos projetos que tangem a tecnologia das barragens subterrâneas, isso porque são essas famílias que estão inseridas no contexto da área do projeto, trazendo assim sentido para o empreendimento. Então, a barragem subterrânea precisa se adequar às necessidades da família, trazendo os benefícios essenciais e

de manutenção que permitam sua sobrevivência na região semiárida. Para tal, o manejo do solo e da água são imprescindíveis, já que são esses recursos que serão utilizados, com o solo sendo manuseado pelas culturas agrícolas e a água sendo empregada na irrigação, além de atuar no abastecimento pessoal da família.

As características do solo possuem grande importância para o processo de locação da barragem, assim como foi discutido anteriormente. Mas esse sistema também permite que haja o desenvolvimento de culturas que possam ser aproveitadas pelas famílias, principalmente sendo praticados sistemas com bases agroecológicas, uma vez que deve seguir os princípios da agricultura de vazantes, considerando plantio em nível, com o uso de tração animal e planejado para iniciar no começo das chuvas (SILVA et al., 2021). Esse contexto em que se insere o manejo do solo está diretamente relacionado com a realidade dessas famílias, portanto, esse benefício termina por facilitar a disseminação da tecnologia nessas localidades.

Diversas práticas podem ser utilizadas na área de plantio, conforme as técnicas baseadas no manejo correto e conservador do sistema. Algumas práticas como emprego de consórcio entre diferentes culturas vegetais, controle de pragas e doenças por meio de técnicas alternativas às moléculas biocidas, adubação controlada com biofertilizantes naturais e orgânicos, rotação de cultura nos espaços destinados ao plantio, entre outras, que podem ser manuseadas na área de captação. Deve ser levada em consideração, também, a abertura de sulcos de contenção em partes das linhas de plantio, visando diminuir a força das enxurradas e não impactar a estrutura do projeto (SILVA et al., 2021).

Outro fator importante relacionado com o emprego das barragens subterrâneas em regiões do semiárido é a fixação do homem na terra, que culmina com a redução ou impedimento da marginalização (COSTA, 2014). O aumento da criminalidade nas grandes metrópoles está relacionado com o êxodo rural, já que esse leva à saída das famílias de uma zona rural para uma área urbana mais desenvolvida, ou, ainda, de uma região mais pobre para uma grande metrópole (MARTINS, 2015; MENDONÇA et al., 2022). Esse fato ocorre devido, muitas vezes, ao baixo desenvolvimento local e à defasagem do poder público que, por não chegar até boa parte desses ambientes, acarretam a precariedade vivida pela maior parte dessas famílias.

O emprego das tecnologias de armazenamento de água, permite que essas famílias tenham melhores condições de vida e possam se manter na zona rural. Por outro lado, existe a necessidade do empoderamento da tecnologia por parte da família, para que seu uso ao longo do espaço e tempo sejam possibilitados, retirando o máximo possível de benefício dos critérios técnicos (SILVA et al., 2019). Como já foi apresentado, o estudo de alocação, construção, monitoramento e utilização das barragens subterrâneas, são manuseados de acordo

com técnicas, análises e tomadas de decisões que precisam ser repassadas da forma mais facilitadora possível para as famílias, afinal são elas que irão manter a tecnologia na área.

No estudo realizado por Silva et al. (2008), por exemplo, o manejo agroecológico observado na propriedade de uma agricultora familiar na área de influência de barragem subterrânea, obteve importantes resultados no quesito social. A agricultora conseguiu implementar um sistema de alta qualidade produtiva, que se mantém com utilização de insumos internos ao sistema, conseguindo suprir as necessidades de consumo da família e a outra parte sendo comercializada em feira agroecológica ou indo para merenda escolar. Para a agricultora, a tecnologia serviu como importante modificador social, já que alega ter mais participação e solidariedade nas atividades referentes ao manejo da área com a presença da barragem.

A sustentabilidade desse agroecossistema, formado a partir da inserção da barragem subterrânea, possui grande relevância para as diversas etapas de viabilização da tecnologia, com as interações entre as dimensões ambientais e sociais, assim como facilitação na capacitação técnica e acessibilidade econômica, sendo necessário que ambos sejam integrados. Os achados de Ferreira et al. (2011), por outro lado, avaliaram a sustentabilidade de agricultores inseridos em áreas com presença de barragem subterrânea e em processo de transição agroecológica. Esses indicadores seguiram as dimensões ambiental e técnico-agronômica, social e econômica.

A avaliação dos indicadores ocorreu com a escolha de parâmetros com variação de 1 a 5, sendo retirado a média ao final de cada dimensão empregada. Ao final das avaliações, os pesquisadores chegaram no resultado de nível razoável de sustentabilidade para a propriedade 1, enquanto a propriedade 2 do estudo apresentou nível bom de sustentabilidade (FERREIRA et al., 2011). Mesmo com algumas ressalvas no decorrer das avaliações, os pesquisadores chegaram à conclusão de que as famílias das duas propriedades entendem a relevância do emprego da agroecologia e das tecnologias de conservação da água, quando se pensa na convivência com o semiárido.

Estudos desse tipo possuem demasiada importância para o desenvolvimento das esferas que compõem a sociedade, isso porque na medida que traz novos conhecimentos para a academia acerca da barragem subterrânea e suas dimensões integrativas, também leva a interação técnica com os proprietários da área, possibilitando sua capacitação. Essas melhorias em conjunto favorecem e beneficiam a sociedade como um todo, já que levam, não apenas o desenvolvimento para localidades muitas vezes esquecidas, como também trazem segurança alimentar e hídrica, dignidade e perspectivas para as famílias inseridas nesse contexto.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após trazer todo o estudo sobre a EMBRAPA, desde o seu histórico e participação nas problemáticas atuais da sociedade, até a forma como está estruturada, composta e organizada os seus setores e a realização de suas demandas, nota-se grande complexidade funcional da instituição e sua grande relevância para o desenvolvimento agropecuário do Brasil. Esse fato corrobora com a importância nacional que a Empresa possui, com resultados que levam ao contorno de problemáticas em alinhamento com o aumento da produção, para diversas localidades presentes nas diferentes regiões do país.

Especificamente sobre a EMBRAPA Solos, uma das unidades descentralizadas temática da EMBRAPA, constatou-se ser uma unidade voltada para a pesquisa, desenvolvimento e inovação, que foca na geração de conhecimentos e tecnologias para avanços na ciência do solo e da água na agropecuária brasileira. Quanto à EMBRAPA Solos UEP Recife, é uma unidade de execução de pesquisa e desenvolvimento da EMBRAPA Solos, responsável desde a sua criação, por enormes avanços na ciência do solo e por todos os levantamentos de solo e zoneamentos agroecológicos realizados pela EMBRAPA na região (ZANE, ZAPE, ZAAL, ZONPB, ZonBarragem-AL etc.) e que são a base para o avanço da agricultura no Nordeste. Constitui uma unidade de pesquisa consolidada e está localizada estrategicamente no maior polo de C&T, de informática e de serviços do Nordeste. Desde que foi criada, sempre apresentou resultados importantes para a sociedade e para o Nordeste. Com parcerias formalizadas com diversas universidades, a UEP Recife tem contribuído para a formação de recursos humanos e de estudantes com grande competência para o mercado profissional.

Ao avaliar parte da bibliografia da EMBRAPA Solos percebe-se a importância do levantamentos e zoneamentos como instrumento técnico-científico que classifica uma região ou uma área específica de acordo com a sua aptidão agrícola, a partir do clima, solo, morfologia, produção potencial e impacto ambiental dos tipos de cultivares, podendo propor áreas de conservação ambiental, além das obrigadas pela legislação. Esse instrumento tem como principal objetivo fornecer subsídios para a pesquisa agrícola, assistência técnica e extensão rural e, também, orientar tomadores de decisão no estabelecimento de políticas públicas em programas de desenvolvimento agrícola.

Sobre a tecnologia de barragem subterrânea, percebeu-se o grande impacto sobre as famílias agricultoras que convivem com ambiente Semiárido. Essa tecnologia disseminada pela EMBRAPA Solos permite com que o ambiente natural dessas regiões possa ser alterado, de tal forma que haja o aproveitamento da água e dos nutrientes presentes no solo, com seu uso sendo

eficaz para às atividades humanas. Fica evidente, ainda, que o emprego dessa tecnologia precisa passar por uma séria avaliação técnica para ser alocada, fato esse que precisa ser acompanhado pelo lado social e econômico do proprietário, pois esse é o alvo mais importante da intervenção.

Ao final de toda reflexão realizada sobre a importância da EMBRAPA e seus parceiros no desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira, ficou evidente a relevância que esta empresa possui para a sociedade, sendo uma instituição multifuncional, que ocupa espaço importante no setor agropecuário nacional e internacional. Por isso, independente de conjunturas políticas, é importante a continuidade da EMBRAPA para que suas atividades permaneçam em contínuo processo de desenvolvimento, objetivando promover a autonomia, igualdade social e a diversidade, tanto dos indivíduos como de seus sistemas agrícolas. Como forma de finalizar esse relatório, fica aqui a importância que tais estudos de levantamentos e revisões bibliográficas precisam ter para a compreensão de conhecimentos específicos, principalmente quando esses saberes estão relacionados com questões imprescindíveis à sociedade e ao ambiente.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADHIKARI, K.; HARTEMINK, A. E. Linking soils to ecosystem services – a global review. **Geoderma**. V, 262, p. 101-111. 2016.
- APAYDIN, A. M. Groundwater dam: na alternative model for semi-arid regions of Turkey to store and save groundwater. **Environment Earth Science**. V. 59, n. 2, p. 339-345. 2009.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, J. C. P.; BARROS, A. H. C.; AMARAL, A. J.; MARQUES, F. A. Zoneamentos agroecológicos (ZAES). **EMBRAPA Solos – Outras Publicações Científicas (ALICE)**. P. 100-101. 2021.
- ARZABE, C.; COSTA, J. R.; LOPES, D. B.; NALÉRIO, E. S.; ANTUNES, E.; DINIZ, F. H.; FOGAÇA, F. H. S.; MOZZER, G. B.; ARAÚJO, G. P.; ALMEIDA, J. S. S. E.; NOGUEIRA, J. D.; MELLO, L. M. R.; KILL, L. H. P.; FREITAS, M. H. A.; SAMPAIO, M. J. A. M.; SILVA, M. S. L.; COSTA, P.; MELO, P. E.; GAMBETTA, R.; DIAS, T. A. B.; OLIVEIRA, Y. M. M.; BUENO, Y. M.; HAMMES, V. S.; SANTOS, A. C. C.; PIEROZZI JUNIOR, I.; SILVA, A. C.; ALARCÃO, A. L. L.; REIS, A. E. G.; TORRES, D. A. P.; CONTINI, E.; PRADO, H. A.; COSTA, J. L. S.; DUARTE, J. A. M.; VILELA FILHO, O.; NASCIMENTO, P. P.; MENEZES, R. A. L.; RAMOS, R. G. C.; BELTÃO, S. L. L.; ARAÚJO, S. C. B.; PEREIRA, V. F. Contribuição da EMBRAPA para os 5 Ps: pessoas, prosperidade, planeta, parceria e paz. In: *“Pesquisa e inovação agropecuária na agenda 30: contribuições da EMBRAPA e parceiros – Capítulo 2”*. **EMBRAPA – Capítulo em Livro Técnico (CNPAE)**. E-book – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 18. P. 25-46. 2018.

- ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Informe Agropecuário**. V. 29, n. 246, p. 47-60. 2008.
- BINDRABAN, P. S.; VAN DER VELDE, M.; YE, L.; VAN DER BERG, M.; MATERECHERA, S.; KIBA, D. I.; TAMENE, L.; RAGNARSDÓTTIR, K. V.; JONGSCHAAP, R.; HOOGMOED, M.; HOOGMOED, W.; VAN BEEK, C.; VAN LYNDEN, G. Assessin the impacto f soil degradation on food production. **Current Opinion in Environmental**. V. 4, n. 5, p. 478-488. 2012.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n° 357/23 de janeiro de 2005**. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama>. Acessado em: 17 de agosto de 2022.
- BRASIL. Plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 173 p. 2012.
- BUENO, A. M. C.; TORRES, D. A. P. Objetivos de desenvolvimento sustentável da agenda 2030 e Bioeconomia: oportuidades e potencialidades para atuação da EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**. 103 p. 2022.
- CABRAL, J. I. Livro preto: sugestões para formulação de um sistema nacional de pesquisa agropecuária. **EMBRAPA Informação Tecnológica**. 122 p. 2006.
- CABRAL, J. I. Sol da manhã: memória da EMBRAPA. **Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO**. 344 p. 2005.
- CAVALCANTI, A. R. Modelo conceitual para transferência de tecnologia na EMBRAPA: um esboço. **Texto para Discussão**. 120 p. 2015.
- CIRILO, J. A.; COSTA, W. D. Barragem subterrânea: experiência em Pernambuco. **2º Simpósio, Simpósios Brasileiros de Captação de Água da Chuva**. Captação de Água da Chuva: uma resposta para a escassez de água no próximo milênio. 10 p. 1999.
- CONSEPA. Conselho Nacional das Entidades Estaduais de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://consepa.org.br/oepas/>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**. V. 9, n. 17, p. 1842-1860. 2013.
- COSTA, W. D. Barragens subterrâneas: conceitos básicos, aspectos locais construtivos. *In: “Água subterrânea: aquífero costeiro e aluviões, vulnerabilidades e aproveitamento.”*. **Editora Universitária da UFPE**. V. 1, p. 13-59. 2004.
- COSTA, W. D.; CIRILO, J. A.; PONTES, M.; MAIA, A. Z.; SOBRINHO, O. P. Barragem subterrânea: uma forma eficiente de conviver com a seca. **X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. P. 1-10. 1998.

- COSTA, W. D. Barragem subterrânea x barragem de assoreamento: aspectos construtivos e finalidades. **XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. P. 1-8. 2014.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F.; SILVA, E. F. Zoneamento ecológico-econômico. In: "*Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais – Capítulo 10*". **Oficina de Textos**. P. 285-318. 2008.
- CRÉSPOLINI, M.; NASCIMENTO, P. P. Artigo – PronaSolos: gestão do solo e da água para o desenvolvimento sustentável. **Núcleo de Comunicação Organizacional da EMBRAPA Solos**. Publicado no Correio Braziliense em 15 de abril de 2021.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: o que é e como evitar. **Empresa Amazônia Oriental**. 19 p. 2017.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 24 de agosto de 2022a.
- EMBRAPA. EMBRAPA em números. **EMBRAPA, Secretaria-Geral, Gerência de Comunicação e Informação**. Brasília, DF. 140 p.: in color. 2022b.
- ESPANIOL, L. T. Avaliação das características físico-químicas, biológicas e ecotoxicológicas de fontes de água natural em propriedade rural. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 50 p. 2018.
- FARIAS, S. A. R.; OLIVEIRA, F. M. Qualidade e quantidade de água em barragens subterrâneas. In: "*Barragens subterrâneas – Capítulo 5*". **Gráfica Agenda**. Campina Grande – PB. 96 p. 2008.
- FERREIRA, G. B.; COSTA, M. B. B.; SILVA, M. S. L.; MOREIRA, M. M.; GAVA, C. A. T.; CHAVES, V. C.; MENDONÇA, C. E. S. Sustentabilidade de agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: a percepção de agricultores na Paraíba. **Revista Brasileira de Agroecologia**. V. 6, n. 1, p. 19-36. 2011.
- FERREIRA, G. B.; SILVA, M. S. L.; COSTA, M. B. B.; MOREIRA, M. M.; GAVA, C. A. T.; MENDONÇA, C. E. S.; CHAVES, V. C. Carbono orgânico total em solos sob influência de barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba, Brasil. **XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. 4 p. 2010.
- FERREIRA, G. B.; SILVA, M. S. L.; GAVA, C. A. T.; SALVIANO, A. M.; MOREIRA, M. M. Carbono da biomassa microbiana e respiração basal em solos com barragens subterrâneas no semiárido paraibano. **IX Congresso Brasileiro de Agroecologia**. V. 10, n. 3, 5 p. 2015.
- FRANÇA, F. M. C.; PINHEIRO, J. C. V.; CARVALHO, R. M. Barragem subterrânea no semiárido do Ceará: caracterização e análise da viabilidade econômica. **Parcerias Estratégicas**. V. 21, n. 42, p. 17-44. 2016.
- GRESCHUK, L. T. Potencial productive of Brazilian agricultura soils. **Dissertação de Mestrado**. Pós-Graduação em Solo e Nutrição de Planta – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 53 p. 2022.

- ISHIDA, S.; KOTURU, M.; ABE, E.; FAZAL, M. A.; TSUCHIHARA, T.; IMAIZUMI, M. Construction of subsurface dams and their impacts on the environment. **Materials and Geoenvironment Journal**. V. 50, n. 1, p. 149-152. 2003.
- JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, L. B.; SILVA JÚNIOR, J. F.; SILVA, M. S. L.; TAVARES, S. C. C. H. História da unidade de pesquisa da EMBRAPA Solos no Nordeste do Brasil. **EMBRAPA Solos**. 316 p. 2016.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. V. 19, n. 1, p. 21-29. 2015.
- LAFORET, M. R. C.; LIMA, R. A.; FAVARIN, A. M. Memórias da EMBRAPA Solos. **EMBRAPA Solos**. 57 p. 2014.
- LIMA, A. O.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; SANTOS, J. E. J.; REGO, P. G. A.; LIMA-FILHO, F. P. Barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: análise histórica e metodologias de construção. **Irriga**. V. 18, n. 2, p. 200-211. 2013.
- LIMA, A. O.; LIMA-FILHO, F. P.; DIAS, N. S.; REIS JÚNIOR, J. A.; SOUSA, A. M. GPR 3D profile of the adequateness of underground dams in a sub-watershed of the brazilian semiarid. **Revista Caatinga**. V. 31, n. 2, p. 523-531. 2018.
- LIMA, A. O. Novas abordagens metodológicas para locação, modelagem 3D e monitoramento de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 243 p. 2013.
- MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V. Zoneamento agrogeológico como ferramenta para o manejo regional da fertilidade de solos agrícolas tropicais. **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem**. P. 91-100. 2016.
- MARTINS, L. C. Urbanização, industrialização e favelas: o Rio de Janeiro na imprensa carioca no segundo governo Vargas. **Projeto História**. N. 53, p. 210-226. 2015.
- MELO, R. F.; OLIVEIRA, A. R.; ANJOS, J. B.; SANTANA, I. L. O.; SIMOES, W. L. Caracterização química do solo em barragem subterrânea no semiárido paraibano. **III Congresso Internacional das Ciências Agrárias**. 6 p. 2018.
- MENDES, C. I. C.; BUAINAIN, A. M. Transferência de tecnologia agrícola: relato de algumas experiências da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com parceria público privada. **EMBRAPA Informática Agropecuária – Artigo em Anais de Congresso (ALICE)**. In: “*Congresso Latino-Iberoamericano da Gestão de Tecnologia*”. 16 p. 2013.
- MENDES, C. I. C.; BUAINAIN, A. M. Transferência de tecnologia: análise além das fronteiras da EMBRAPA. **XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão da Tecnologia**. Inovação para além da tecnologia. 18 p. 2015.

- MENDONÇA, F. C.; SOUZA, M. M.; DAMIÃO, R. C.; BARBOSA, R. O cenário das favelas no município de São Paulo. **Revista de Geopolítica**. V. 13, n. 1, p. 28-39. 2022.
- NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implementação. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**. 194 p. 2018.
- OBALUM, S. E.; CHIBUIKE, G. U.; PETH, S.; OUYANG, Y. Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. **Environmental Monitoring and Assessment**. V. 189, n. 4, p. 1-19. 2017.
- OLIVEIRA NETO, M. B.; SANTOS, J. C. P.; MEDEIROS, J. F.; QUEIROZ, A. F.; MARQUES, F. A.; SILVA, M. S. L. Zoneamento da área do entorno da barragem de Pau dos Ferros – RN. **III Reunião Nordestina de Ciência do Solo**. Integração e uso do conhecimento para uma agricultura sustentável no Nordeste. 4 p. 2016.
- OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Zoneamento ambiental aplicado à conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 35, p. 1723-1734. 2011.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; MOREIRA, J. M. M. Á. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Avaliação de serviços ecossistêmicos em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**. V. 30, n. 1, p. 81-100. 2019.
- PARRON, L. M.; SOUSA-SILVA, J. C.; CAMARGO, A. J. A. Reservas ecológicas da EMBRAPA Cerrados: caracterização e zoneamento. **EMBRAPA Cerrados – Documentos Número 73**. 80 p. 1998.
- POLIDORO, J. C.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, W.; ARAÚJO FILHO, A. C.; CURCIO, G. R.; CORREIA, J. R.; MARTINS, É. S.; SPERA, S. T.; OLIVEIRA, S. R. M.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V.; TÔSTO, S. G.; VENTURIERI, A.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA, V. Á.; SHINZATO, E.; ANJOS, L. H. C.; VALLADARES, G. S.; RIBEIRO, J. L.; MEDEIROS, P. S. C.; MOREIRA, F. M. S.; SILVA, L. S. L.; SEQUINATTO, L.; AGLIO, M. L. D.; DART, R. O. Programa nacional de solos do Brasil (PronaSolos). **EMBRAPA Solos – Documentos 183**. 53 p. 2016.
- PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**. V. 18, n. 3, p. 495-505. 2012.
- RODRÍGUEZ, M. P. Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu / SP (ribeirão do feijão e rio do monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. **Tese de Doutorado**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 175 p. 2001.
- SÁNCHEZ, R. O. Zoneamento agroecológico: objetivos, conceitos centrais e aspectos metodológicos. **Fundação de Pesquisas Cândido Rondon**. 32 p. 1989.

- SANTOS, A. C. C.; HAMMES, V. S.; LOPES, D. B.; VILELA FILHO, O.; SAMPAIO, M. J. A. M.; NALÉRIO, É. S.; DINIZ, F. H.; KILL, L. H. P.; SILVA, M. S. L.; GAMBETTA, R.; ARZABE, C.; PIEROZZI JUNIOR, I. Contextualização dos objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil e na EMBRAPA. *In: "Pesquisa e inovação agropecuária na agenda 2030 – Capítulo 1"*. P. 13-23. 2018.
- SANTOS, J. C. P.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; BARROS, A. H. C.; AMARAL, A. J.; MARQUES, F. A.; SILVEIRA, H. L. F.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA JÚNIOR, J. F. Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas. **EMBRAPA Solos**. 11 p. 2013.
- SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O zoneamento agrícola de risco climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**. V. 25, n. 3, p. 73-94. 2016.
- SENTHILKUMAR, M.; ELANGO, L. Modelling the impact of a subsurface barrier on groundwater flow in the lower Palar River basin, southern India. **Hydrogeology Journal, Hudson**. V. 19, n. 4, p. 917-928. 2011.
- SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. Q. P.; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento agroecológico do estado de Pernambuco. **EMBRAPA Solos – Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife – Documentos 35**. 2001.
- SILVA, J. H. C. S.; BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, M. B.; GOMES, D. S.; MIRANDA, A. A. C.; AQUINO, I. S. Indicadores qualitativos do ambiente edáfico e serviços ecossistêmicos em diferentes sistemas de ocupação da terra. **Nativa**. V. 9, n. 5, p. 519-527. 2021.
- SILVA, L. P.; MARTINS, A. P. Fragilidade ambiental e zoneamento ecológico econômico da bacia hidrográfica do Rio Preto – estado de Goiás – Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**. N. 21, p. 63-87. 2021.
- SILVA, M. S. L.; HONÓRIO, A. P. M.; ANJOS, J. B.; PORTO, E. R. Barragem subterrânea. **Instruções Técnicas da EMBRAPA Semi-Árido**. 4 p. 2001.
- SILVA, M. S. L.; LIMA, A. O.; MOREIRA, M. M.; FERREIRA, G. B.; BARBOSA, A. G.; MELO, R. F.; OLIVEIRA NETO, M. B. Barragem subterrânea. *In: "Tecnologia de convivência com o semiárido brasileiro: capítulo 2"*. **Banco do Nordeste do Brasil**. 1116 p. 2019.
- SILVA, M. S. L.; LOPES, P. R. C.; ANJOS, J. B.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L.; PORTO, E. R. Exploração agrícola em barragem subterrânea. **EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido**. 6 p. 1998.
- SILVA, M. S. L.; MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F.; LIMA, A. O.; RIBEIRO, C. A.; BARBOSA, A. G.; OLIVEIRA NETO, M. B.; AMARAL, A. J.; MELO, R. F.; PARAHYBA, R. B. V. Barragem subterrânea: acesso e usos múltiplos da água no Semiárido brasileiro. **EMBRAPA Solos UEP Recife**. 49 p. 2021.

- SILVA, M. S. L.; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B.; FERREIRA, G. B.; SANTOS, J. C. P.; OLIVEIRA NETO, M. B. Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semi-árido do Brasil. **EMBRAPA Solo – Circular Técnica (INFOTECA-E)**. 10 p. 2007a.
- SILVA, M. S. L.; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B.; HONÓRIO, A. P. M.; BRITO, L. T. L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. **Potencialidades da água da chuva no Semi-Árido Brasileiro**. P. 121-137. 2007b.
- SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B.; FERREIRA, G. B.; MOREIRA, M. M.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; SANTOS, J. C. P.; PARAHYBA, R. B. V.; ANJOS, J. B.; MATIAS, J. A. B.; ROCHA, J. C. Atributos físicos e químicos de solos em áreas de barragens subterrâneas no Agreste e no Planalto da Borborema, Estado da Paraíba. **EMBRAPA Solos UEP Nordeste – Circular Técnica 47**. 10 p. 2010.
- SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B.; FERREIRA, G. B.; PARAHYBA, R. B. V.; LEITE, A. P.; SANTOS, J. C. P.; CUNHA, T. J. F. Aspectos técnicos e sociais sobre barragem subterrânea. **FertBio – Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**. 4 p. 2008.
- SILVEIRA, H. L. F. ViZon: visualizador de zoneamentos agroecológicos. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 5 p. 2013.
- SOUZA, S. G.; CERQUEIRA JUNIOR, E. P.; ALMEIDA, A. Q.; RODRIGUES, C. T. A. Zoneamento agroclimático e ambiental da cultura do caju para o estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. V. 7, n. 6, p. 330-339. 2013.
- STEWART, F. Technology transfer for development. In: *“North-South and South-South”*. Westview Press. P. 311-338. 1992.
- TEIXEIRA, W. G.; VICTORIA, D. C.; BARROS, A. H. C.; LUMBRERAS, J. F.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, F. A. M.; LIMA, E. P.; BUENO FILHO, J. S. S.; MONTEIRO, J. E. B. A. Predição da água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no zoneamento agrícola de risco climático. **EMBRAPA Solos – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 272**. 96 p. 2021.
- ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N. O sistema de capacidade de uso da terra como instrumento para análise de área rural degradada. **Caminhos de Geografia, Uberlândia**. V. 20, n 72, p. 55-77. 2019.