

ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE ESMERALDAS E REMINERALIZADORES DE MONTE SANTO - TO

APLEREM-MS TO

PARTE I: PESQUISA E EXTENSÃO

COORDENAÇÃO
SUZI HUFF THEODRO

CHAMADA CNPQ/CT- MINERAL Nº 28/2022



PPG-MADER



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Arranjo produtivo local de remineralizadores e
esmeraldas em Monte Santo do Tocantins [livro
eletrônico] : parte I : pesquisa e extensão /
coordenação Suzi Huff Theodoro. --
Brasília, DF : Ed. dos Autores, 2024.
-- (Arranjo produtivo local de remineralizadores
e esmeraldas em Monte Santo do Tocantins)

Vários colaboradores.
ISBN 978-65-01-25489-0

1. Agroecologia 2. Mineração 3. Pedras preciosas
4. Pesquisas I. Theodoro, Suzi Huff. II. Série.

24-242237

CDD-622.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Minérios : Tratamento : Engenharia de minas
622.7

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Organização

Suzi Huff Theodoro
Luiza Coimbra
Manoel Expedito
Marco Llobus

Capa

Manoel Expedito
Marco Llobus

Diagramação

Luiza Coimbra

Gráficos

Luiza Coimbra
Marco Llobus

Mapas

Viviane Oliveira

Das(os) autoras(es),

Suzi Huff Theodoro (Coordenadora)

Caroline Dourado

Caroline Siqueira Gomide

Cícero Estevão Silva Alves

Ellen Daisy Fernandes Luz

Fabiane Rodrigues Ferrão

Fabiano Ballin

Fernanda de Paula Medeiros

Luís Carlos Nascimento

Luiza Coimbra de Oliveira

Manoel Expedito Batista Viana

Rafaela Maria Pessoa de Almeida

Viviane Souza de Oliveira

**aos garimpeiros, produtores rurais,
gestores e cidadãos da região de
Monte Santo do Tocantins.**

**Nosso enorme agradecimento
e esperança por um futuro
mais sustentável.**

Instituições participantes

Universidade de Brasília (UnB)

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

Instituto Prospectiva (INSPRO)

Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopergemas);

Cooperativa dos Garimpeiros de Monte Santo (Cooper-santo);

Cooperativa de Gemas e Metais Preciosos do Brasil (CGMB);

Companhia de Mineração de Tocantins (Mineratins)

Cooperativa de Garimpeiros do Tocantins (Coopertatins)

Agência Estadual de Mineração do Tocantins (AMETO)

Reminera Soluções em Geologia e Meio Ambiente Ltda.

Federação Brasileira de Geólogos (FEBRAGEO)

Associação Brasileira de Remineralizadores e Fertilizantes Naturais (APLEREM)

ROM Mineração de Resultados (RMR)

A equipe

Suzi Huff Theodoro



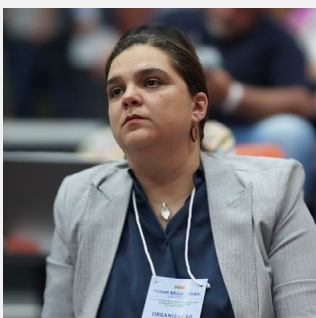
Geóloga e professora do Programa de Pós-Graduação em meio ambiente e desenvolvimento rural, da Universidade de Brasília. É doutora em Desenvolvimento Sustentável e pesquisadora do tema da rochagem/remineralizadores do GPR/UnB/CNPq. Coordenadora do Projeto APLE-REM-MS/TO.

Caroline Dourado



Engenharia de minas. Especialista em Direito Minerário. Bolsista EXP-B do Projeto APLEREM-MS/TO.

Caroline Siqueira Gomide



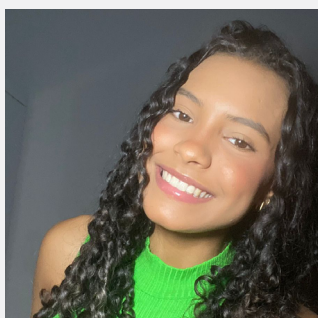
Geóloga, doutora em geoquímica. Professora Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural /UnB e Pesquisadora visitante na Universidade Agrícola da China (CAU), onde desenvolve pesquisa sobre compostagem acelerada e remineralizadores. Coordenadora do GPR/UnB/CNPq.

Cícero Estevão Silva Alves



Estudante do curso técnico em meio ambiente do Instituto Federal do Tocantins (IFTO)/Campi de Paraíso. Bolsista de ITI-B do Projeto APLEREM-MS/TO.

Ellen Daisy Fernandes Luz



Estudante do curso técnico em meio ambiente do Instituto Federal do Tocantins (IFTO)/Campi de Paraíso (Bolsista ITI-B do Projeto APLEREM-MS/TO).

Fabiane Rodrigues Ferrão



Técnica em agropecuária e agroindústria, graduada em gestão do agronegócio e mestre em meio ambiente e desenvolvimento rural. Especialista em diagnóstico social de áreas de mineração e conformação espacial da agricultura urbana e periurbana. Bolsista EXP-C do Projeto APLEREM-MS/TO.

Fabiano Ballin



Servidor do Instituto Federal do Tocantins. Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, graduando em Agronomia e Gestão Ambiental. Mestre em Agroenergia pela Universidade Federal do Tocantins. Bolsista EXP-C do Projeto APLEREM-MS/TO.

Fernanda de Paula Medeiros



Engenheira florestal e professora do Programa de Pós-graduação em meio ambiente e desenvolvimento rural/UnB. É doutora em Solos e Nutrição de plantas com Pós-doutorado no tema dos remineralizadores e captura de CO₂. Participante do GPR/UnB/CNPq. Bolsista DTI do Projeto APLEREM-MS/TO.

Luís Carlos Nascimento



Garimpeiro e estudante de Direito na Universidade Estadual do Tocantins-Campus Paraíso do Tocantins. Atualmente é diretor-presidente da Coopersanto (Cooperativa dos Garimpeiros de Monte Santo). Bolsista ITI do Projeto APLEREM-MS/TO.

Luiza Coimbra de Oliveira



Arquiteta e urbanista pela Universidade de Brasília. Atua profissionalmente com planejamento territorial, com ênfase em sustentabilidade. Participante do GPR/UnB/CNPq e voluntária do Projeto APLEREM-MS/TO.

Manoel Expedito Batista Viana



Graduado em Licenciatura em Educação do Campo/mestre em meio ambiente e desenvolvimento rural. Participante do GPR/UnB/CNPq. Bolsista EXP-B do Projeto APLEREM-MS/TO.

Rafaela Maria Pessoa de Almeida



Estudante de Agronomia da Universidade de Brasília. Participante do GPR/UnB/CNPq. Bolsista ITI- A do Projeto APLEREM-MS/TO.

Viviane Souza de Oliveira



Enfermeira, geóloga, mestre em geologia ambiental e médica e pesquisadora do tema de rochagem/remineralizadores e bioinsumos do GPR/UnB/CNPq. Bolsista EXP-A do do Projeto APLEREM-MS/TO.

Introdução

Este *e-book* busca sintetizar as atividades realizadas ao longo do tempo de execução do Projeto de Arranjo Produtivo Local de Esmeraldas e Remineralizadores de Monte Santo do Tocantins/TO (APLEREM-MS/TO). Partimos de uma síntese acerca do estado da arte dos temas relativos aos Arranjos Produtivos Locais e Remineralizadores, onde buscou-se fazer uma revisão bibliográfica, evidenciando um histórico do desenvolvimento desses temas, seus aspectos legais, bem como suas contribuições para o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas para o Brasil. Na sequência são mostrados os dados relativos à sistematização das entrevistas realizadas em meio aos garimpeiros, agricultores e gestores locais, estaduais e municipais.

Ainda, é apresentado um panorama socioeconômico e geoambiental do município de Monte Santo do Tocantins e entorno, como objetivo de sintetizar dados da caracterização regional de forma a melhor compreender sua base territorial e sua dinâmica socioeconômica visando contribuir com ações de planejamento de políticas públicas, investimento e de gestão que possibilitem o fomento dos setores mineral e agrícola, em particular, o fortalecimento do APLEREM-MS/TO. A 1ª Oficina com agentes sociais, equipe técnica, instituições públicas, cooperativas para contextualização, nivelamento e socialização do Projeto ocorreu em fevereiro de 2023.

As temáticas de mecanismo de gestão e governança do APL de Monte Santo do Tocantins e elaboração de Plano de Ações estratégicas para o aproveitamento técnico e econômico das gemas serão apresentadas em um *e-book* separado, devido às suas particularidades e grande quantida-

de de informações.

São elencadas, também, as iniciativas relacionadas aos cursos de capacitação, os quais foram acordados de acordo com a demanda dos participantes das atividades do Projeto. Os cursos ocorreram na forma presencial e *online* e contaram com um número variável de participantes. O formato *online* facilitou a participação de diferentes interessados porque foram disponibilizados links para serem acessados em qualquer tempo na plataforma *YouTube*.

São mostradas as iniciativas efetuadas para caracterizar os materiais (litotipos) derivados dos garimpos de Monte Santo do Tocantins, relatando as metodologias e resultados dos testes conduzidos em colunas de lixiviação e em vaso (testes agronômicos), comparando as rochas com maior potencial para converterem-se em um remineralizador da região (segundo as condicionantes e garantias estabelecidas na Instrução Normativa 05/2016-MAPA). Nesta etapa, foi selecionada uma das rochas mais aptas, do ponto de vista geoquímico, para os experimentos, a qual foi comparada com outras quatro rochas.

Também é apresentado o panorama atual do uso de fertilizantes no estado do Tocantins e o papel que os remineralizadores podem ocupar no futuro para o estado. Neste tópico, é descrito o processo empreendido para viabilizar o fortalecimento do APLEREM, por meio de um acordo de intenções estabelecido entre as instituições estaduais envolvidas no Projeto, tais como: Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins (SEAGRO), Secretaria de Estado da Indústria e Comércio e Serviços (SICS), Com-

panhia de Mineração do Tocantins (Mineratins), Agência de Mineração do Estado do Tocantins (Ameto), Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Tocantins (FAPT), Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopergemas), Cooperativa dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopersanto), Cooperativa de Gemas e Metais Preciosos do Brasil (CGMB), ROM Mineração de Resultados (RMR). No nível Federal, a carta foi assinada por representantes do Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação/Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação/Coordenação e Inovação em Tecnologias Setoriais e pelo Instituto Prospectiva (INSPRO). O processo de articulação desse acordo foi conduzido pela coordenação do Projeto APLEREM-MS/TO, da Universidade de Brasília e é talvez um dos melhores resultados do Projeto.

Por fim, são apresentadas as considerações finais, onde estão elencados os principais resultados do Projeto, as limitações e as potencialidades para que o APL de Esmeraldas e Remineralizadores de Monte Santo do Tocantins/TO possa ser de fato implementado, se sustentar e ser ampliado no futuro próximo.



1

CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1

Revisão bibliográfica sobre Arranjos Produtivos Locais (APL)

Arranjos Produtivos Locais são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais – com foco em um conjunto específico de atividades econômicas – que apresentam vínculos, mesmo que incipientes. Geralmente envolvem a participação e a interação de empresas – que podem ser desde produtoras de bens e serviços finais até fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de consultoria e serviços, comercializadoras, clientes, entre outros – e suas variadas formas de representação e associação.

Incluem também diversas outras organizações públicas e privadas voltadas para: formação e capacitação de recursos humanos, como escolas técnicas e universidades; pesquisa, desenvolvimento e engenharia; política, promoção e financiamento.

Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral, por sua vez, são conjuntos de empreendimentos e de indivíduos, localizados em um mesmo território, que atuam em torno de uma cadeia produtiva que tenha como base a atividade extrativa e de transformação mineral.

Arranjos Produtivos Locais (APLs) são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais com especialização produtiva e governança, mantendo vínculos de articulação, interação, cooperação e aprendizagem. Envolvem empresas de diferentes setores e organizações públicas e privadas dedicadas à formação de recursos humanos, pesquisa, desenvolvimento e financiamento.

As pequenas empresas de mineração e as cooperativas de garimpeiros, organizadas em APLs de base mineral, são cruciais para a economia e

sociedade, especialmente em regiões remotas. Destacam-se pela geração de empregos diretos e indiretos, promovendo o desenvolvimento econômico local por meio da circulação de dinheiro. A formalização da atividade mineradora traz controle ambiental, respeito às leis trabalhistas e segurança, facilitando o acesso a financiamento e tecnologias sustentáveis. Esses arranjos também incentivam a inovação e a transferência de tecnologia, aumentando a produtividade e minimizando impactos ambientais.

Além disso, os APLs de base mineral promovem a inclusão social, oferecendo oportunidades para mulheres e jovens, e fortalecem a economia nacional por meio da contribuição significativa ao PIB, exportações e arrecadação de impostos. A gestão organizada permite melhor manejo dos impactos ambientais e sociais, implementando práticas de responsabilidade social corporativa.

Conclusivamente, as pequenas empresas de mineração e as cooperativas de garimpeiros em APLs de base mineral são vitais para o desenvolvimento econômico e social, promovendo benefícios duradouros e sustentáveis para as comunidades e a sociedade.

O início dos Arranjos Produtivos Locais (APLs) de Base Mineral no Brasil se deu por volta dos anos 2000, impulsionado por políticas públicas que visavam o desenvolvimento regional sustentável e a valorização dos recursos minerais locais. Os APLs são aglomerações de empresas localizadas em uma mesma região, que atuam em um setor específico e que, por meio da cooperação, buscam aumentar sua competitividade e inovação.

Arcabouço normativo e gestão pública referente aos APL

1 Lei nº 11.508/2007

Instituiu a Zona de Processamento de Exportação (ZPE), que pode incluir atividades de mineração e beneficiamento de minerais, criando um ambiente favorável para o desenvolvimento dos APLs.

2 Lei nº 11.508/2007

Este plano, lançado em 2011, delineou diretrizes estratégicas para o setor mineral, incluindo o apoio ao desenvolvimento de APLs de Base Mineral como forma de promover o desenvolvimento sustentável e a inclusão social dos trabalhadores e da sociedade local.

3 Decreto nº 4.793/2003

Criou a Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), que, embora mais ampla, promoveu o desenvolvimento de APL como uma estratégia de desenvolvimento regional.

4 Lei nº 13.540/2017

Esta lei alterou a legislação sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), destinando parte dos recursos arrecadados para o desenvolvimento de APL de Base Mineral.

5 Programas e Incentivos Federais e Estaduais

Diversos programas do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Agência Nacional de Mineração (ANM) têm incentivado a criação e o fortalecimento dos APL de Base Mineral através de apoio técnico, financeiro e de capacitação.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) também desempenhou um papel significativo na promoção dos Arranjos Produtivos Locais (APL) de Base Mineral por meio de instruções normativas e programas específicos. Embora o foco principal do MCTI esteja mais voltado para ciência, tecnologia e inovação, suas iniciativas têm abrangido o apoio a APLs como um todo, incluindo os de base mineral.

6 Instrução Normativa MCTI nº 1, de 2012

Essa instrução normativa estabelece as diretrizes para a seleção de projetos no âmbito do Programa Nacional de Apoio aos Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral (APL Minerais). Esse programa visa apoiar o desenvolvimento de APLs por meio de investimentos em inovação tecnológica, capacitação profissional e fortalecimento das cadeias produtivas locais.

Os principais pontos desta instrução normativa incluem:

1. Critérios de Seleção de Projetos:

A definição de critérios para a seleção de projetos de APL que envolvem inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental.

2. Apoio Financeiro e Técnico:

O estabelecimento de mecanismos de apoio financeiro e técnico para os APL selecionados, promovendo a modernização tecnológica e a competitividade das empresas envolvidas.

3. Parcerias e Cooperação:

A promoção de parcerias entre instituições de pesquisa, empresas e órgãos governamentais para o desenvolvimento integrado dos APL.

4. Monitoramento e Avaliação:

A criação de procedimentos para o monitoramento e avaliação dos projetos apoiados, assegurando a eficácia das ações e a correta aplicação dos recursos.

7 Criação da REDEAPLMineral

A criação da Rede Brasileira de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral (REDEAPLMineral) ocorreu em setembro de 2009 e foi estabelecida com o objetivo de fortalecer os APLs de base mineral no Brasil, promovendo a integração, cooperação e compartilhamento de conhecimentos entre os diferentes atores envolvidos no setor mineral.

A REDEAPLMineral foi uma iniciativa conjunta de diversas instituições, incluindo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), o Ministério de Minas e Energia (MME), a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), entre outras.

A rede tem como principais objetivos:

1. Promoção da Competitividade:

Aumentar a competitividade dos APLs de base mineral através da inovação tecnológica e da melhoria da gestão.

2. Capacitação e Formação:

Oferecer programas de capacitação e formação para trabalhadores e gestores dos APLs, promovendo a qualificação profissional.

3. Sustentabilidade Ambiental:

Promover práticas de mineração sustentável, respeitando o meio ambiente e as comunidades locais.

4. Integração e Cooperação:

Fomentar a cooperação entre empresas, instituições de pesquisa, governos e outras entidades para o desenvolvimento integrado dos APLs.

Os principais resultados alcançados pela REDEAPLMineral foram:

1. Capacitação e Formação:

A rede tem promovido diversos programas de capacitação e formação para trabalhadores e gestores dos APL, resultando em uma melhoria significativa nas práticas de gestão e produção. Muitos profissionais foram treinados em técnicas de mineração sustentável, segurança no trabalho, e inovação tecnológica.

2. Inovação e Tecnologia:

Houve um aumento no número de projetos de inovação tecnológica apoiados pela rede, com a implementação de novas tecnologias em processos de extração e beneficiamento de minerais. Isso tem contribuído para a melhoria da eficiência e redução dos impactos ambientais.

3. Integração e Cooperação:

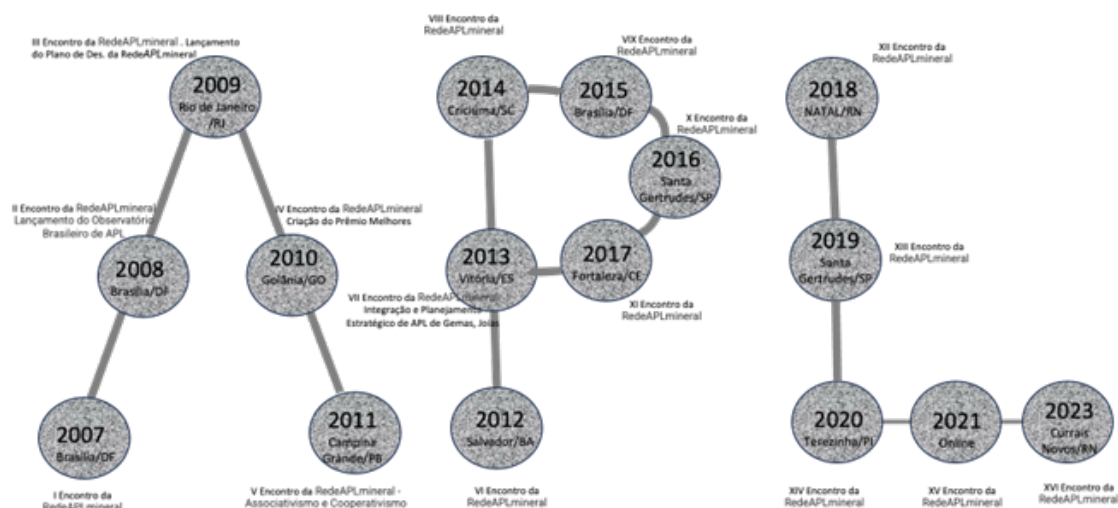
Facilitação da cooperação entre empresas, universidades, centros de pesquisa e órgãos governamentais, resultando em uma maior sinergia e compartilhamento de conhecimentos. Isso ajudou na criação de soluções mais integradas e eficientes para os desafios enfrentados pelos APL.

4. Desenvolvimento Sustentável:

Promoção de práticas de mineração sustentável, incentivando a adoção de tecnologias que minimizem os impactos ambientais e promovam a recuperação de áreas degradadas.

A **Figura 1** mostra uma linha do tempo dos eventos realizados pela REDEAPLMineral.

Figura 1: Encontros Nacionais da REDEAPLMineral.



Fonte: Autoras(es) a partir de dados da REDEAPLMineral/MCTI.

Ainda baseando-se em informações da RedeAPLMineral, a seguir são mostrados alguns casos de sucesso onde este formato de desenvolvimento vem sendo implementado.

1. APL de Rochas Ornamentais no Espírito Santo:

Este APL beneficiou-se significativamente do apoio da REDEAPLMineral, com melhorias na qualidade dos produtos, inovação nos processos de corte e polimento, e uma maior presença no mercado internacional. A capacitação técnica e gerencial oferecida pela rede foi crucial para essas melhorias.

2. APL de Gemas e Joias em Minas Gerais:

A rede ajudou a fomentar a integração entre pequenos produtores e designers, promovendo a inovação e a qualidade dos produtos. Houve um aumento nas exportações e na participação em feiras internacionais, destacando a capacidade competitiva do APL.

3. APL de Argila Vermelha no Rio Grande do Norte:

Com o apoio da REDEAPLMineral, este APL implementou práticas de sustentabilidade, como o uso de fornos mais eficientes e a reciclagem de resíduos. Isso resultou em uma produção mais limpa e em conformidade com as regulamentações ambientais.

Ainda que existam outros APLs, além dos três casos mostrados, deu-se preferência a estes três porque eles mantêm relação com o tema do presente Projeto. Apesar da potencialidade local regional dada pelos *Clusters*, ainda existem uma série de desafios a serem vencidos, entre os quais se cita:

1. Sustentabilidade Financeira:

Manter o financiamento contínuo para os projetos e programas é um desafio constante, devido à inconstância dos recursos públicos e de parcerias.

2. Adaptação às Novas Tecnologias:

A rápida evolução tecnológica exige um esforço contínuo para atualizar os conhecimentos e as práticas dos APLs.

3. Desafios Regulatórios:

A conformidade com as regulamentações ambientais e de segurança é um desafio significativo, especialmente para os pequenos produtores.

4. Competitividade Internacional:

Manter a competitividade dos APLs no mercado internacional exige inovação constante, qualidade superior e eficiência produtiva.

O APL de Esmeraldas e Remineralizadores de Monte Santo do Tocantins/TO (APLEREM) tem um grande potencial para ser fortalecido e para melhorar vários indicadores (de renda, de emprego e sustentabilidade em todas as suas dimensões) na região e particularmente no município de Monte Santo do Tocantins. Também tem o potencial para se converter em um modelo de negócios envolvendo a agricultura e a mineração. Porém, disputas políticas locais/regionais e conflitos entre as cooperativas e entre garimpeiros, além da falta de investimentos, se configuram como os mais sérios impedimentos para se alcançar esse futuro possível.

1.2

Remineralizadores

O uso de pós de rocha (no Brasil denominados remineralizadores - REM), conforme os pressupostos da tecnologia da rochagem, tem sido rapidamente difundido e incorporado em meio aos agricultores (Martins et al. 2023). O uso desse tipo de insumo está amparado pelos princípios da tecnologia da Rochagem (Leonardos et al., 1987). Para muitos autores, especialmente Leonardos et al. (2000), Theodoro (2000, 2021) e Carvalho, et al. (2012, 2018), a rochagem é um mecanismo que fortalece e favorece a remineralização (Hinsinger, 1998) e rejuvenescimento dos solos (Theodoro et al., 2006), adicionando macro e micronutrientes necessários às plantas, os quais não estão disponíveis nos fertilizantes solúveis (Araújo et al, 2023, Theodoro et al., 2022, Leonardos e Theodoro 2006, 2015).

Os remineralizadores possuem solubilidade mais lenta que os insumos sintéticos, mas oferecem uma maior diversidade de nutrientes por períodos mais longos (Van Straaten, 2007, 2022; Theodoro et al., 2022, Medeiros et al. 2024), sendo, por isso, mais resilientes (Swoboda et al., 2022, Conceição et al. 2022, Medeiros et al., 2024, Luchese et al., 2023, Cunha e Almeida, 2021, Souza et al., 2017, Bergmann et al., 2009 e 2019). Como a planta absorve apenas o necessário para seu desenvolvimento, os demais nutrientes permanecem no sistema, na forma de minerais secundários, convertendo-se em um banco de nutrientes disponível por mais tempo (Theodoro et al., 2006). No médio e longo prazos, podem superar a produtividade obtida pelos fertilizantes solúveis e reduzir perdas por lixiviação (Araújo et al., 2023, Ramos et al., 2022, Viana et al., 2021).

Para além disso, o uso de REM gera a possibilidade de aproveitamento de subprodutos/co-produtos da mineração (Theodoro et al. 2022), além

de sedimentos de reservatórios (Theodoro et. al. 2015), permitindo a diminuição dos custos (materiais já explorados) mas, também, a mitigação de passivos ambientais recorrentes no setor mineral (Theodoro et al., 2013). Em parte, tais benefícios reduzem os preços dos REM, tornando-os mais baratos do que os fertilizantes solúveis (Manning, Theodoro 2018). Essa possibilidade é importante, especialmente em tempos de supressão da oferta de fertilizantes no mercado internacional, como ocorreu no início do conflito no leste europeu e, mais recentemente, no oriente médio.

O uso dos REMs, pós de rocha, como insumos agrícolas foi regulamentado pela Lei nº 12.890/2013 (que definiu o conceito de remineralizador) (Brasil, 2013) e pela Instrução Normativa nº 05/2016 (MAPA), (BRASIL, 2016), que definiu as garantias mínimas e os condicionantes de uso e comercialização. Esses produtos têm a vantagem de oferecer uma ampla gama de nutrientes para os solos e plantas em lugar somente do fósforo e potássio (fontes solúveis). Porém não contam com o nitrogênio, que precisa ser adicionado a partir de outras fontes.

As rochas para esse uso são, em geral, formadas por uma série de nutrientes oriundos dos compostos químicos presentes nos minerais formadores das rochas, os quais são importantes para o desenvolvimento e sanidade das plantas, tais como cálcio, magnésio, enxofre, silício, ferro, cobalto, vanádio, selênio, molibdênio etc. Vale dizer que em lugar de ofertas restritas de nutrientes (N, P e K), presentes nos fertilizantes solúveis, os REMs oferecem uma maior diversidade de nutrientes, fortalecendo processos enzimáticos complexos, que garantem alimentos e produtos (aí incluídas as commodities soja, milho, café, feijão etc.) nutricionalmente mais completos em termos de segurança nutricional para os consumidores.

Outro ponto extremamente importante refere-se aos preços desses insumos. De modo geral, desconsiderando os custos do frete, os remine-
ralizadores podem diminuir os custos de produção em até 50%, se com-
parados à adubação convencional (NPK). Atualmente, a tonelada dos
REMs pode ser obtida por valores entre R\$150,00 a R\$400,00. A título de
comparação, uma tonelada de Cloreto de K custa cerca de R\$4.000,00.
É claro que deve considerar-se que a dosagem de aplicação do KCl é
bem menor se comparada à dos REM, e portanto, em uma perspectiva
superficial, recomenda-se a aplicação de cerca de 4 t.ha⁻¹. Porém, é pre-
ciso ter em mente que essa recomendação depende de cada solo (com
suas distintas ofertas ou carências nutricionais) e dos diferentes tipos de
REM.

Após a edição da Instrução Normativa 05 do MAPA em 2016, as empre-
sas do setor mineral têm se enquadrado para atender as especificações
estabelecidas na normativa. A produção duplicou ano após ano, passan-
do em toneladas/ano de 920 mil, em 2019, para 1,5 milhão. Em 2022, a
produção foi de 3 milhões. Em 2023 houve um refluxo na produção pro-
vocada por uma série de motivos, entre os quais a redução dos custos
dos fertilizantes solúveis (Martins et al, 2024). Estimativas recentes indi-
cam que em 2030 a oferta chegará a 75 milhões. Hoje há 68 empresas,
distribuídas em 14 estados, que já podem comercializar os REMs, con-
forme mostrado na **Figura 2**.

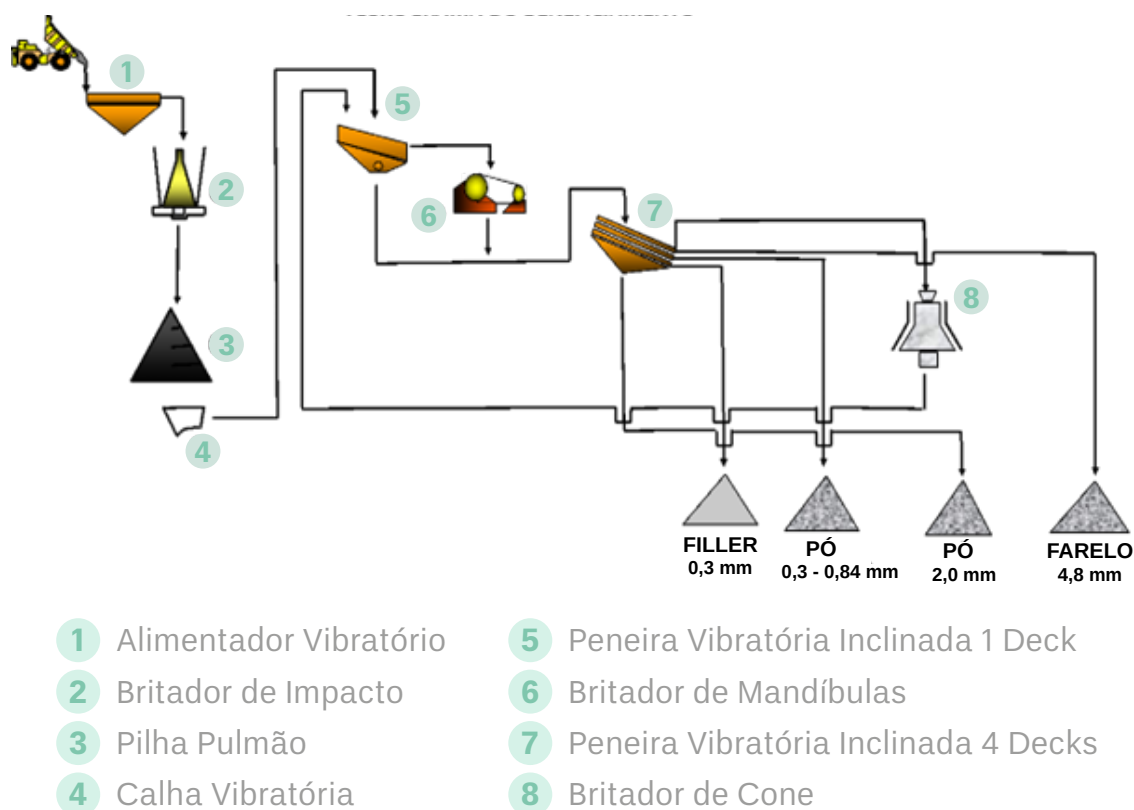
Figura 2: Localização das empresas que possuem registro no MAPA para comercializar REMs.



Fonte: Equipe do Projeto a partir de dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Gomide et al., no prelo, 2024).

Considerando um aumento potencial, tanto no que se refere à diversidade de tipos de rochas, como na ampla distribuição espacial, pode-se considerar que esta rota tecnológica expandirá a oferta de insumos em todas as regiões, para diferentes perfis de agricultores (familiares e empresariais). Isto aumenta a disponibilidade de ofertas locais/regionais, diminuindo custos de aquisição e transporte dos produtos. Adicionalmente, a existência da grande quantidade de mineração e pedreiras (cerca de 9.000) em operação no Brasil, garantirá a oferta maior de novos REMs, desde que atendam às especificações técnicas e normativas. Muitos dos seus subprodutos e coprodutos poderão ser usados para essa finalidade (como é o caso dos materiais de descarte do garimpo de Monte Santo do Tocantins). O fluxo de produção dos remineralizadores é bastante simples e pode ser observado na **Figura 3**.

Figura 3: Fluxograma de produção dos remineralizadores.



Fonte: Elaborado por Aline Pimenta Caixeta, adaptado por Luiza Coimbra.

O problema relacionado à estocagem dos produtos derivados da mineração se tornaria, então, uma opção e solução para atender à demanda de fertilizantes no país. Mas é fundamental que se destaque que tais produtos deverão passar por processos de avaliação agrônômica para considerar sua aptidão e eficácia em termos agrícolas. As análises mineralógicas e geoquímicas também são indispensáveis para caracterizar os produtos, de forma que eles atendam às especificações da IN 05/2016, bem como para se reduzir riscos ambientais. A seguir são mencionados os efeitos diretos e indiretos relacionados ao uso dos REM.

Efeitos Diretos:

- 1 Melhora da fertilidade do solo: aumento dos teores de macro e micronutrientes no solo;
- 2 Rejuvenescimento e remineralização dos solos;
- 3 Aumento do pH e da Capacidade de Toca Catiônica (CTC) do solo;
- 4 Redução da toxidez de alumínio, o que no caso de solos tropicais é uma ação fundamental para viabilizar a produção agrícola;
- 5 Diversificação da oferta de nutrientes (Multinutrientes) amplia a ciclagem para as plantas;
- 6 Aumento da quantidade e tamanho das raízes;
- 7 Redução das perdas por evaporação (conservam a umidade do solo);
- 8 A associação com fontes orgânicas (esterco, bioinsumos etc.) aceleram o processo de disponibilização de nutrientes;
- 9 Sustentabilidade: O uso de rochas moídas é considerado uma prática mais sustentável. Pode reduzir a dependência da importação de fertilizantes químicos (formulações NPK), que, no caso do Brasil, tem se convertido em uma das maiores limitações ao acesso a insumos;
- 10 Preços são consideravelmente inferiores aos insumos solúveis (entre 20 e 70% mais baratos).

Efeitos Indiretos:

- 1 Captura de CO₂ atmosférico, o que contribui para a redução do problema de aquecimento global;
- 2 Redução dos processos de erosão do solo, tornando aptas áreas improdutivas para diversos usos;
- 3 Redução da contaminação dos recursos hídricos,
- 4 Efeito residual - são insumos de liberação gradual de nutrientes.

De forma simplificada, pode-se elencar e comparar as vantagens e as desvantagens dos fertilizantes solúveis (NPK) e os REMs (**Tabela 1**).

Tabela 1: Fertilizantes solúveis x Remineralizadores de solo.

Fontes convencionais (NPK)	Remineralizadores
Alta solubilidade	Baixa solubilidade
Altas concentrações	Baixas concentrações
Oferta reduzida de nutrientes	Ampla oferta de nutrientes
Efeito residual breve/ausente	Efeito residual prolongado
Custos elevados	Custos reduzidos
Em grande parte, importados	Produto nacional
Salinização dos solos	Neoformação mineral dos solos
Fortalece a planta	Fortalece o sistema solo-planta-microrganismos
Emite GEE (NO _x e CO ₂)	Captura e armazena CO ₂

Fonte: THEODORO, S. H. (2022).

Desafios e Limitações:

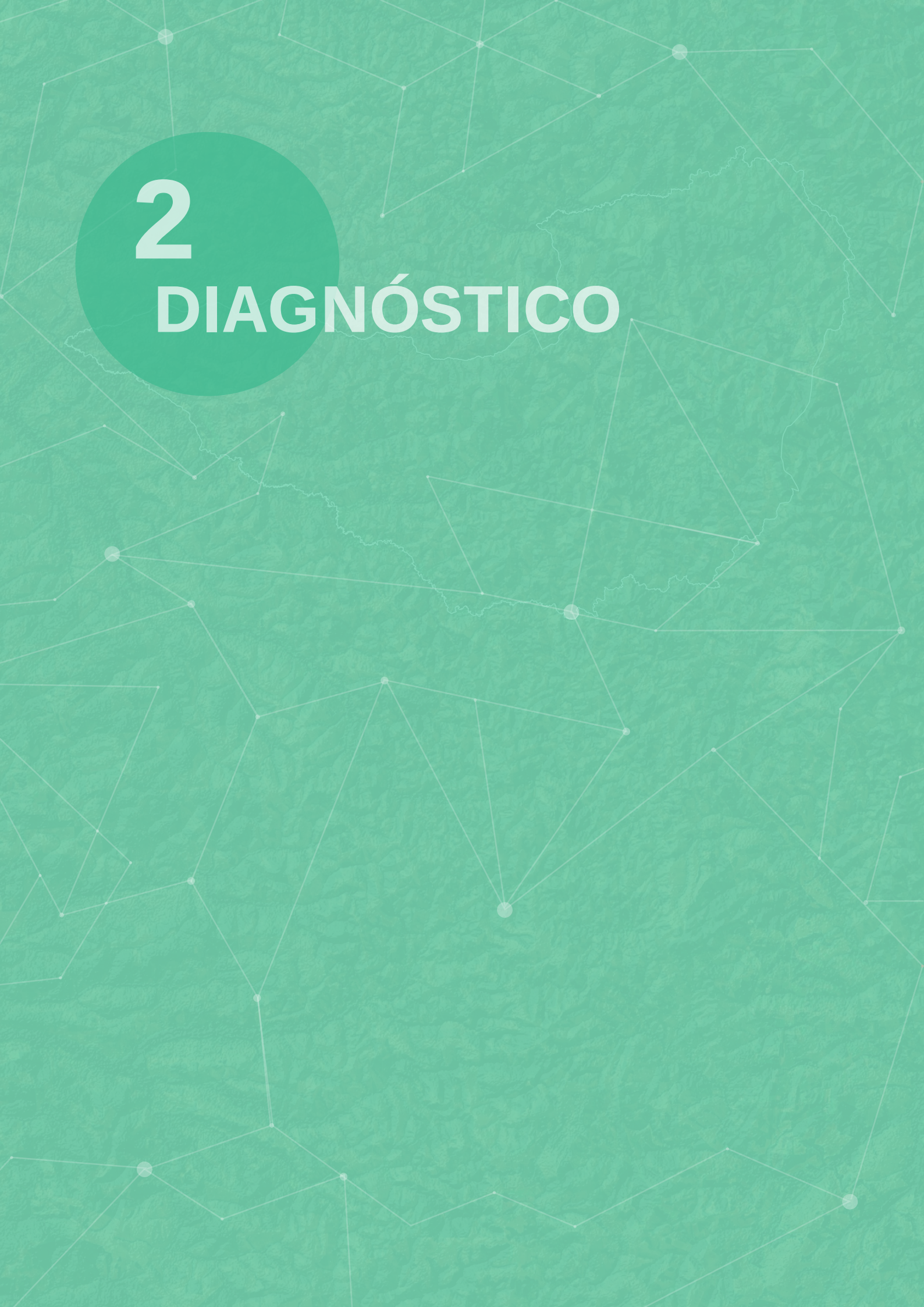
Apesar dessas vantagens, ainda restam alguns desafios e limitações para ampliar o uso desse tipo de insumo.

- 1 Variabilidade dos resultados produtivos: Os resultados são dependentes do tipo de rocha, do solo, das condições climáticas e de outros fatores, como manejo, presença de matéria orgânica de cobertura e consórcio entre plantas.
- 2 Tempo de resposta: A liberação lenta e gradual de nutrientes pode comprometer a obtenção de plantas de ciclo curto (espécies agrícolas);
- 3 Distância: Entre as áreas de produção (mineração) e áreas de consumo (estabelecimentos agrícolas) pode comprometer os benefícios econômicos em função do preço do frete;
- 4 Divulgação: Pouco espaço de divulgação dos benefícios e potencialidades nos cursos de formação e entre os usuários (agrônomos geólogos e agricultores);
- 5 Recursos limitados para as pesquisas: Conhecer os mecanismos de ação da rochagem e seus impactos a longo prazo;
- 6 Ausência de políticas públicas de investimento para o financiamento de projetos minerais e agrícolas.

Particularmente para o estado do Tocantins, as opções de encontrar rochas com perfil de uso adequado para este fim são excepcionais. Existe uma diversidade de rochas aptas para essa finalidade em praticamente

todo o estado. Mas apesar desse grande potencial, presentemente somente dois produtos são comercializados para essa finalidade (um deles é obtido licenciado como material secundário), conforme informações disponíveis no Sipeagro, do Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (<https://indicadores.agricultura.gov.br/fertilizantes/index.htm>).

Alguns tipos de rochas presentes na área de estudo do Projeto APLE-REM revelaram-se com grande aptidão para se converterem em futuros remineralizadores, particularmente os biotita-xistos, sienitos e alguns anfíbolitos hidrotermalizados.



2

DIAGNÓSTICO

2.1

Aspectos sociais e territoriais

História

Monte Santo do Tocantins é um município do estado do Tocantins. Localiza-se a uma latitude 10°00'21" sul e a uma longitude 48°59'37" oeste, estando a uma altitude de 280 metros (Lacerda et al., 1997). Como muitos outros municípios brasileiros, sua história está vinculada à mineração, particularmente após a descoberta de cristais de quartzo de boa qualidade e, posteriormente, de esmeraldas. Os primeiros habitantes da região chegaram por volta de 1944, ocupando a área de uma fazenda, que atualmente corresponde ao seu perímetro urbano, e que foi posteriormente foi loteada para explorações do subsolo.

A descoberta de esmeraldas de boa qualidade ocorreu por volta de 1996, quando o município apresentou um grande aumento do fluxo de garimpeiros e a criação de cooperativas voltadas para a atividade mineral. Esse afluxo de pessoas facilitou a criação do município, em 01/01/1997, fazendo parte da microrregião de Miracema do Tocantins, composta por 24 municípios. Vale ressaltar que não existem registros quanto ao surgimento da cidade nem à origem do seu nome (Lacerda et al., 1997).

O acesso ao município ocorre por meio da Rodovia Presidente João Goulart, também conhecida como Rodovia Transbrasiliana (compondo parte da Rodovia Belém-Brasília), que é a quinta maior rodovia do país, ligando o estado do Pará ao Rio Grande do Sul - BR-153, e a rodovia que liga Palmas a Paraíso do Tocantins (TO-080) e pela rodovia que liga Paraíso do Tocantins a Monte Santo, por uma distância de 23km (Lacerda et al., 1997).

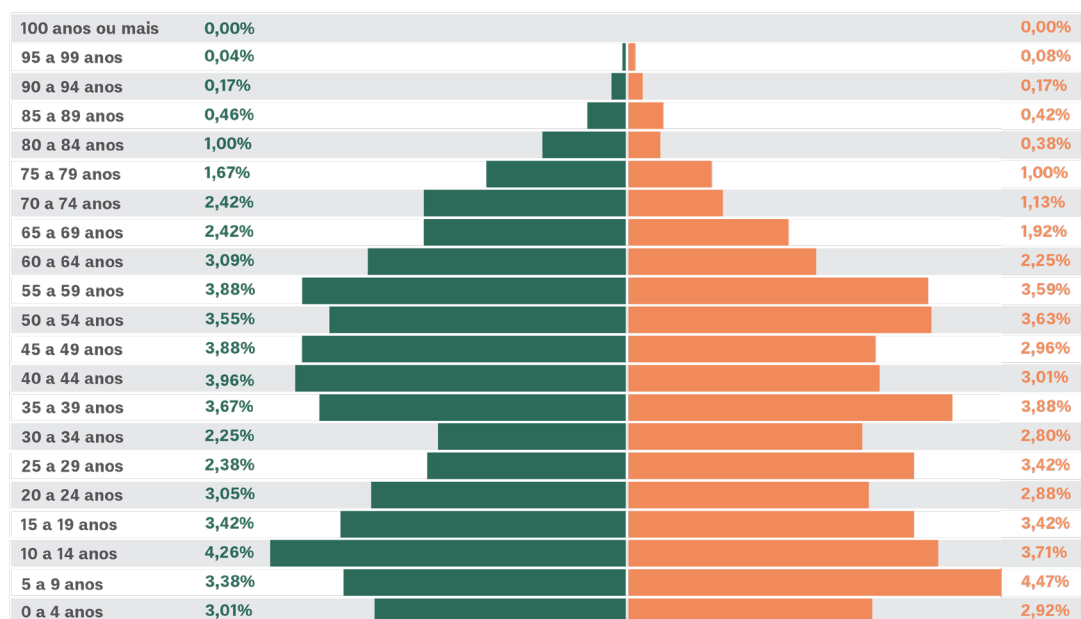
População

Segundo IBGE (2022), Monte Santo do Tocantins apresenta uma população de 2.396 pessoas. É o município que apresenta a menor população urbana do Estado. A maior parte da população encontra-se na zona rural, que resulta em uma Densidade Demográfica de 2,23 habitantes por km². A **Figura 4** representa a pirâmide que exhibe a distribuição dos moradores conforme a idade e o sexo.

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

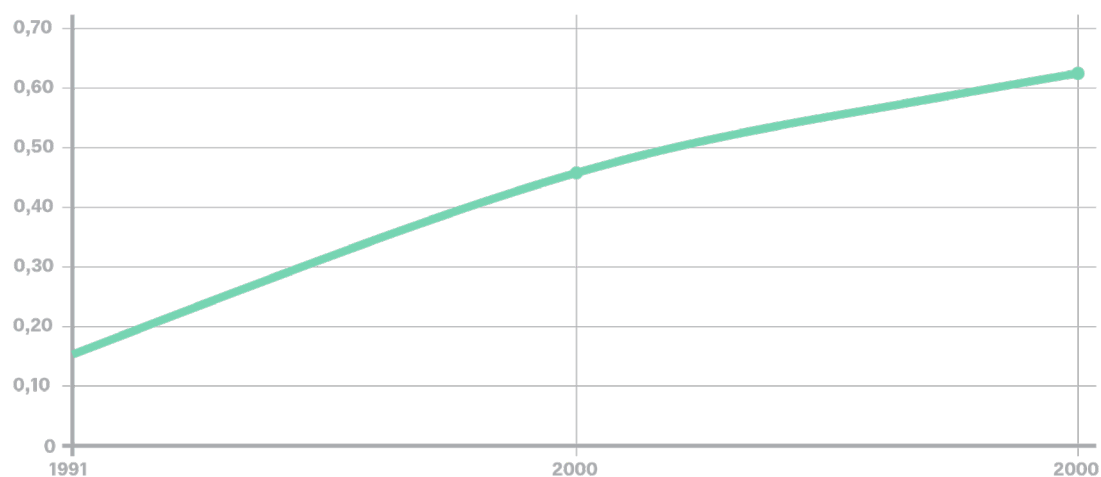
A comparação entre os indicadores nos itens de riqueza, alfabetização, educação, esperança de vida, natalidade e outros, com o intuito de avaliar o bem-estar de uma população, revela que Monte Santo do Tocantins cresce timidamente, contribuindo com escassas possibilidades de melhores condições de vida, ao longo dos últimos 20 anos, como está demonstrado na **Figura 5**.

Figura 4: Pirâmide Etária do município de Monte Santo do Tocantins (TO).



Fonte: IBGE, 2022; adaptado por Marco Llobus.

Figura 5: Evolução dos indicadores de riqueza, alfabetização, educação, esperança de vida, natalidade de Monte Santo do Tocantins (TO).



Fonte: IBGE, 2022; adaptado por Marco Llobus.

Índice de Desenvolvimento da Educação

O município de Monte Santo do Tocantins dispõe apenas de quatro Escolas Públicas Municipais direcionadas à Educação Básica. Não existem creches, escolas estaduais, escolas federais e/ou privadas (IBGE, 2022). O município não oferece um sistema educacional de Ensino Médio (INE-EAT, 2024), o que leva a um esvaziamento da população dessa faixa etária, que precisa migrar para obter esse serviço nos municípios adjacentes (MEC, 2021). O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica/Ensino Fundamental ofertado pelo sistema público no município de Monte Santo do Tocantins revela índices abaixo da média nacional (**Tabela 2**).

Tabela 2: Índice de Desenvolvimento da Educação.

Censo escolar de matriculados (2023)	
Ensino Infantil	Ensino Fundamental
79	358

Fonte: IBGE, 2023.

Serviço de Saúde

Monte Santo do Tocantins dispõe apenas de dois estabelecimentos de saúde, com Atendimento Ambulatorial e especialidades médicas básicas e odontológica. As demais modalidades de atendimentos de pequena, média e grande complexidade são encaminhadas para a capital, Palmas, e para municípios adjacentes que possuam o suporte ao serviço demandado (DATASUS, 2022). Os dados públicos não revelam a qualidade dos serviços de saúde prestados pelo Município, sendo apresentados como inexistentes para o Município. Também não há dados relacionados a morbidade, cobertura vacinal e algumas taxas preconizadas pelo SUS que refletem o diagnóstico confiável da saúde para o município. No que diz respeito às taxas de natalidade e a mortalidade, a **Tabela 3** revela o perfil desses dados no município. A mortalidade em Monte Santo do Tocantins começa a ocorrer a partir dos 60 anos de idade, considerando que os óbitos entre os homens são 25% superiores aos óbitos entre as mulheres (IBGE, 2023).

Tabela 3: Taxa de natalidade e mortalidade do município de Monte Santo do Tocantins (TO).

Natalidade		Mortalidade	
Lugar de residência da mãe	22	Lugar de residência do falecido	18
Hospital	23	Hospital	11
Total	45	Total	29

Fonte: IBGE, 2023.

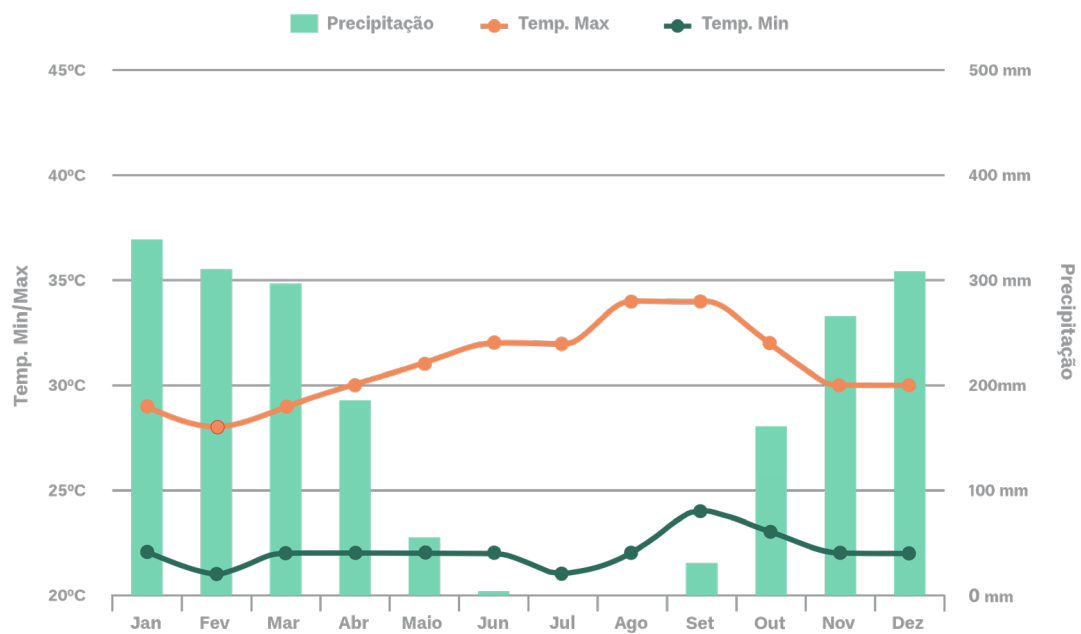
Meio Ambiente

Segundo IBGE (2022), o município de Monte Santo do Tocantins apresenta uma área de 1.072,92 km² e uma sede municipal pequena, apresentando 1,03 km² de área urbanizada e, ainda assim, possui apenas 14,8% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 78,8% de domicílios urbanos em vias públicas apresentando arborização e 0% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). A esfera administrativa estadual é a entidade prestadora do serviço de abastecimento de água que ocorre por meio de uma rede de 19 km de extensão para distribuição. Sendo 312 m³ o volume de água tratada por dia, apresentando classificação de simples desinfecção (IBGE, 2017).

Clima e Precipitação

Monte Santo do Tocantins está inserido nos domínios que correspondem ao clima tropical, com temperaturas médias anuais de 26 °C nos meses de chuva (outubro-março), e 32 °C na estação seca (abril-setembro). O volume da precipitação média é de 1.800mm/ano (Codevasf, 2021). As médias foram calculadas a partir de uma série de dados de 30 anos. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias de uma região (**Figura 6**).

Figura 6: Precipitação e médias de temperatura da região de Monte Santo do Tocantins (TO).



Fonte: CLIMATEMPO, 2024; adaptado por Marco Llobus.

2.2

Aspectos econômicos

Conforme os dados públicos do IBGE (2021) referentes à economia do município de Monte Santo do Tocantins, os relatórios demonstram que o PIB *per capita* corresponde a R\$32.455,42. Considerando que a Prefeitura é a única fonte de renda para 308 pessoas ocupadas que recebem uma média de 1,6 salários mínimos, representando 13,33% da população. O IBGE (2010) também estimou que 49% da população apresenta o rendimento nominal mensal per capita de até ½ salário mínimo, resultado da atividade rural.

O município vem despontando nas atividades do setor agropecuário. O estado do Tocantins é considerado como uma das últimas fronteiras agrícolas do país - região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Esta aptidão agrícola deve-se ao fato de haver disponibilidade de água, terras férteis, período chuvoso bem definido e topografia que contribuem para o desenvolvimento desse setor (FIEITO, 2018a). Em estudos realizados pela Federação das Indústrias do Estado do Tocantins – FIEITO, destacam-se como as principais cadeias produtivas do município: arroz, carne bovina, piscicultura, silvicultura, soja e milho, avicultura, lácteos e suinocultura.

O estado do Tocantins é o 3º maior produtor de arroz do país e possui uma cadeia bem estruturada, tendo uma produtividade média de 5.115 kg/ha, para uma área de 132,3 mil ha e uma produção de 676,7 mil/t (FIEITO, 2018a). O município de Monte Santo do Tocantins contribui com uma média de 150 ha para esta atividade agrícola; a plantação de milho também vem ganhando lastro no território do município, como reflete a **Tabela 4.**

Tabela 4: Atividade agrícola - Culturas do Arroz e do Milho.

*Rendimento médio da produção: x R\$1.000,00

Arroz	
Área plantada	150 ha
Área produzida	150 ha
Quantidade produzida	225 t
Rendimento médio*	106,00
Milho	
Área plantada	50 ha
Área produzida	50 ha
Quantidade produzida	75 t
Rendimento médio*	30,00

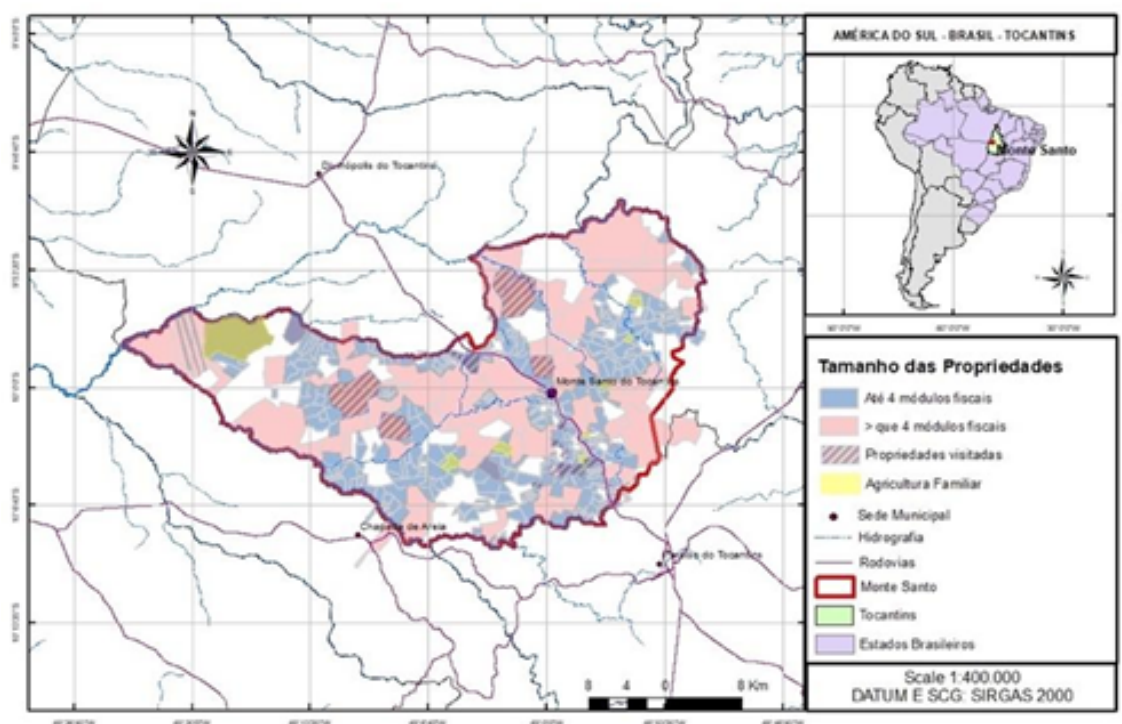
Fonte: IBGE, 2017.

A pecuária é a atividade que mais se sobressai, por meio da implantação de passagens para o uso do solo no município. Vale considerar que a assistência técnica rural é praticamente inexistente no município. A atividade praticada no município é majoritariamente bovina extensiva, como ocorre na região do MATOPIBA, ou seja, com baixo investimento em pastagens, havendo a necessidade de suplementação nutricional e de técnicas reprodutivas (FIETO, 2018c). A extração de madeira para lenha também faz parte da economia do município de Monte Santo do Tocantins, correspondendo a uma quantidade média extraída de 288 m³, registrados no ano de 2022 (IBGE, 2023).

As propriedades rurais localizadas no Município são dimensionadas tendo como base a unidade de medida de 1 módulo fiscal, que, para o caso de Monte Santo do Tocantins, corresponde a 80 hectares. O Ca-

castro Ambiental Rural – CAR é um registro público eletrônico nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (De Alcântara et al., 2014). Desta forma, utilizando-se dos dados públicos do CAR, constata-se que existem 400 propriedades apresentando até quatro módulos fiscais e 65 propriedades com mais de quatro módulos fiscais. A **Figura 7** ilustra esta distribuição. Nesse mapa, são assinaladas as propriedades visitadas ao longo das atividades de caracterização executadas pelo presente Projeto, por meio de entrevistas, que têm o objetivo de compreender a dinâmica socioeconômica da região para fins de elaboração de um diagnóstico do perfil dos produtores rurais.

Figura 7: Mapa representando o tamanho das propriedades rurais de Monte Santo do Tocantins e a seleção das propriedades visitadas pelo projeto APLEREM-MS/TO.



Fonte: Equipe do projeto.

A Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) é o instrumento utilizado para identificar e qualificar as Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA) e suas formas associativas organizadas em pessoas jurídicas (Portaria nº 523, de 24 de agosto de 2018) (Sambuichi, 2016). Vale ressaltar que a DAP está em processo de transição para o registro da CAF. Segundo os dados do DAP da região, o município dispõe de 12 propriedades com DAP ativa, com este perfil. No extremo oeste da região, ocorre uma área em amarelo no mapa que corresponde à PA Grota de Pedra. Trata-se de um assentamento que apresenta 2.935 hectares, divididos em 28,75 módulos fiscais. Esta área apresenta 49 propriedades, compostas por áreas que correspondem a uma média de 0,5 módulo fiscal e apresenta também, uma área comunitária com 3,78 hectares e 2 áreas de reservas ambientais (área com 96,13 hectares + 743,67 hectares), conforme dados do INCRA.

A atividade de mineração não possui registros nos dados públicos. Vale ressaltar que esta é uma das principais atividades presentes no município.

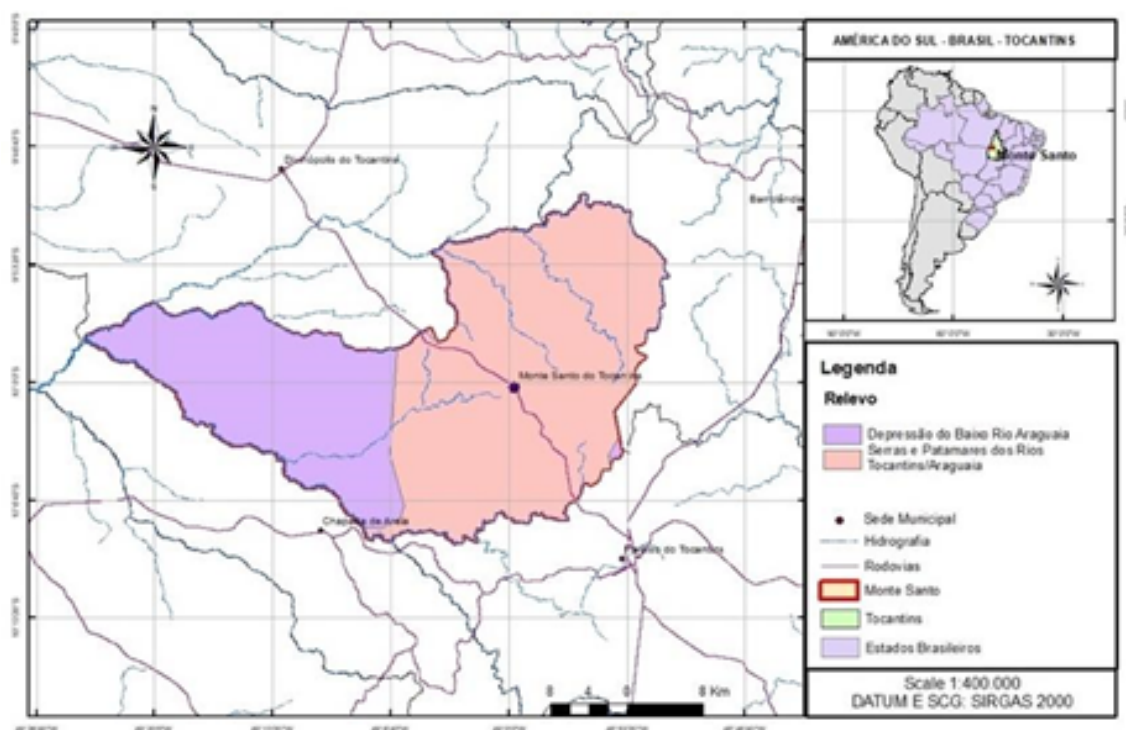
2.3

Aspectos ambientais

Relevo

O relevo da região corrobora com duas principais Unidades Geomorfológicas (**Figura 8**). A primeira que correspondendo aos Cinturões Móveis Neoproterozóicos, classificados por Serras e Patamares dos Rios Tocantins/Araguaia e a segunda, classificada por Depressões que correspondem ao Baixo do Rio Araguaia (Codevasf, 2021). Monte Santo do Tocantins está inserido nos domínios que compreendem a Bacia Hidrográfica do Tocantins e se posiciona, majoritariamente, na Sub Bacia Araguaia, a jusante da Ilha do Bananal. Ocorre também uma pequena porção da Sub Bacia do Tocantins a leste do município.

Figura 8: Mapa de Relevo do município de Monte Santo do Tocantins.

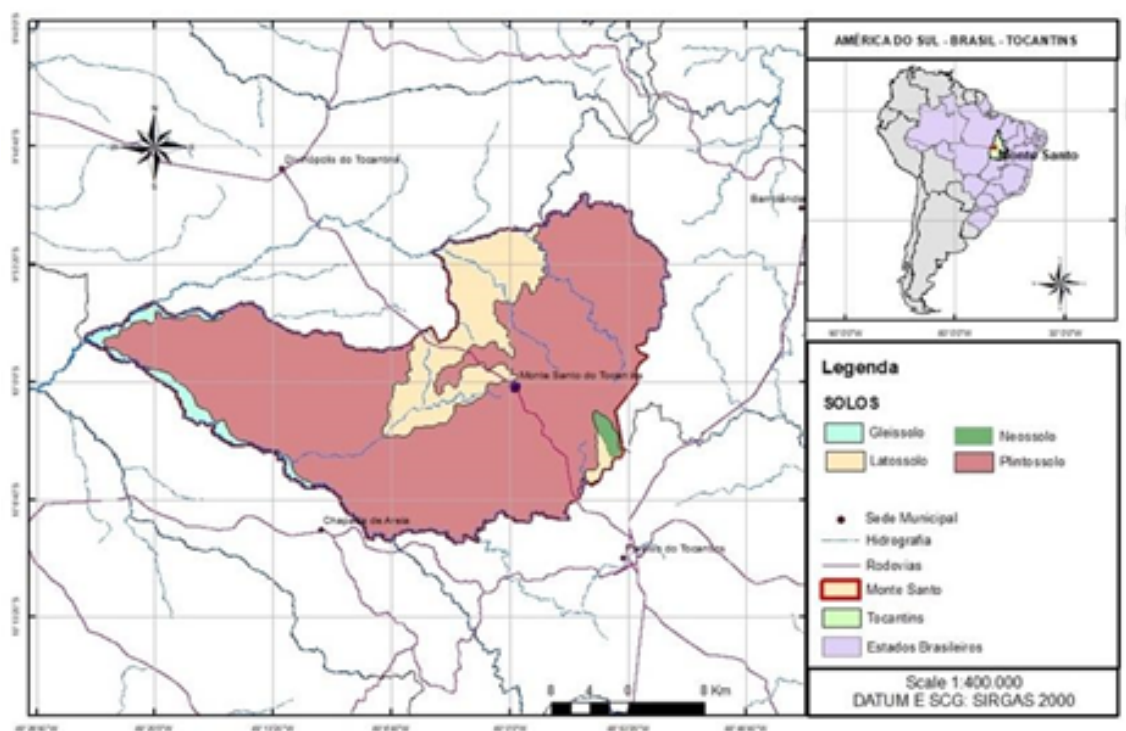


Fonte: Equipe do projeto.

Pedologia

O Plitossolo Pétrico é o tipo de solo mais comum no território do Município, seguido de latossolo, gleissolo e, por fim, neossolo (**Figura 9**). O primeiro apresenta um horizonte concrecionário ou litoplântico, com sérias restrições ao uso agrícola devido à dificuldade para o enraizamento das plantas, entrave ao uso de equipamentos agrícolas e pouco volume de solo disponível para as plantas. Nestes solos, pastagens constituem o uso mais comum (Silva et al., 2023).

Figura 9: Mapa do solo do município de Monte Santo do Tocantins.

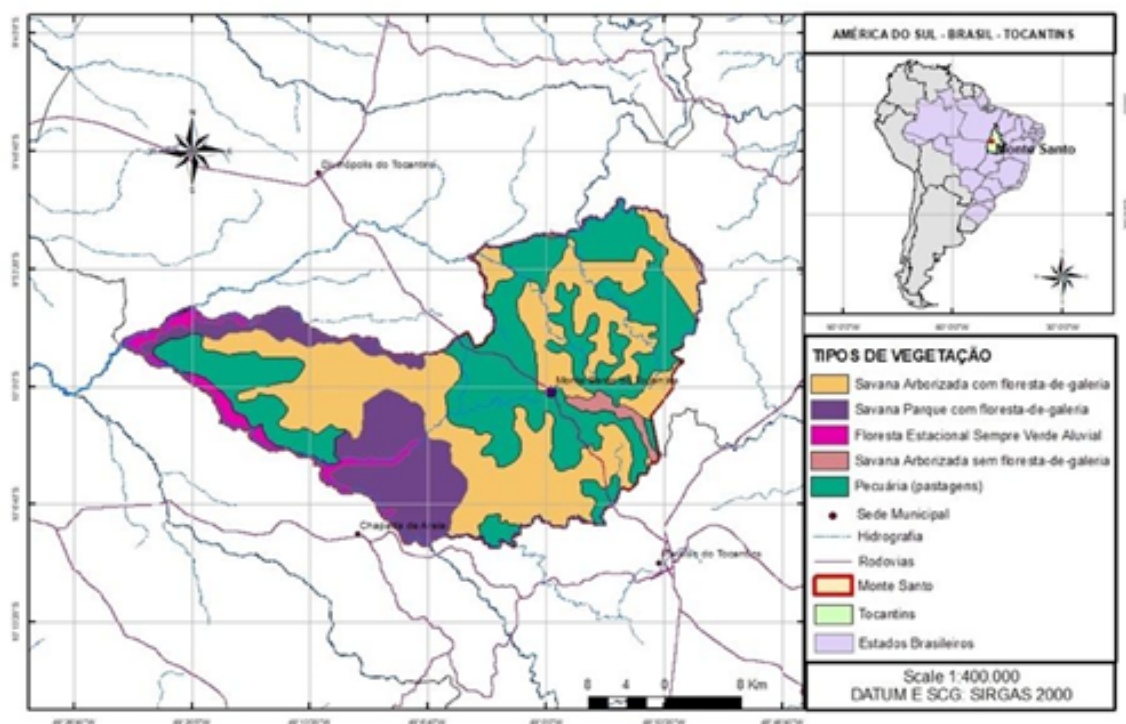


Fonte: Equipe do projeto.

Vegetação

O estado do Tocantins encontra-se na zona de transição geográfica entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Dos cinco grandes tipos de vegetação que cobrem o país, Tocantins apresenta duas: a Floresta Amazônica de terra firme - Bioma Amazônia e a Savana - Bioma Cerrado (**Figura 10**). O Bioma Amazônia ocupa 9% do território do estado do Tocantins e o Bioma Cerrado, 91% (IBGE, 2004). A vegetação predominante do município de Monte Santo do Tocantins corrobora com o do tipo Savana, sendo que 40% da área municipal possui vegetação típica de savana. Muitas áreas já foram desmatadas e destinadas à pecuária.

Figura 10: Mapa de Vegetação do município de Monte Santo do Tocantins.

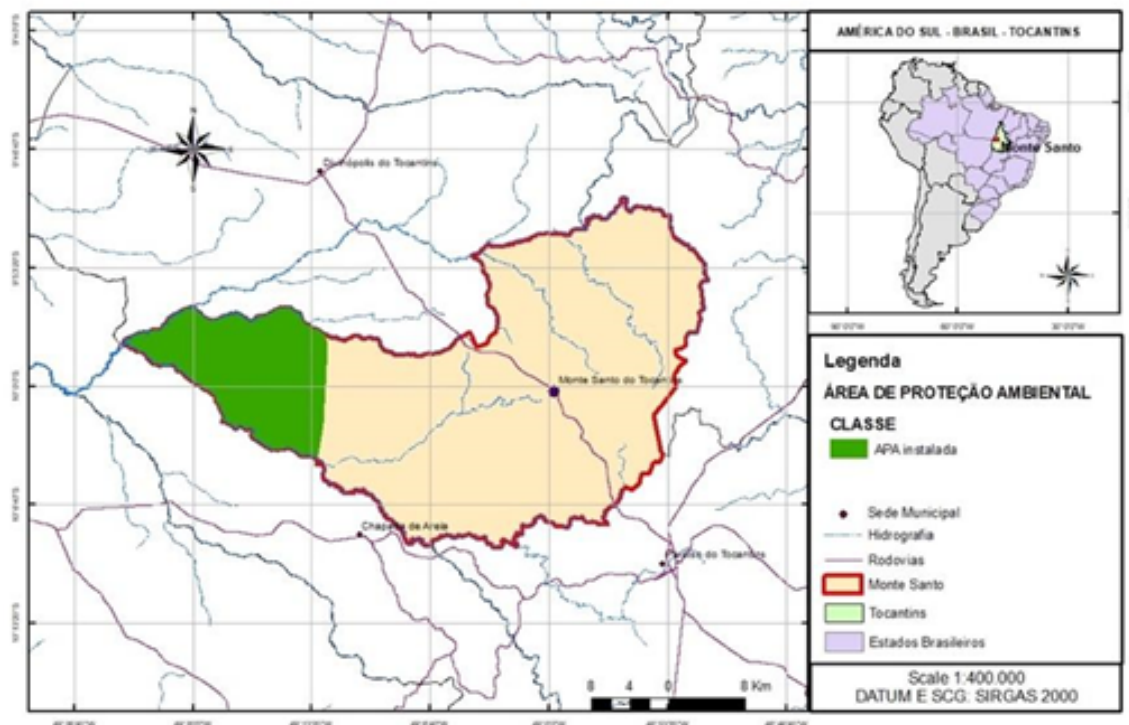


Fonte: Equipe do projeto.

Áreas de Proteção Ambiental (APA)

A região que corresponde ao terço oeste do município de Monte Santo do Tocantins representa a classe de Área de Proteção Ambiental Instalada Estadual, regulada pela Lei nº 907 de 20/05/1997 do tipo APA Ilha do Bananal/Cantão, que contribui para a manutenção da biodiversidade do Parque e proteção da qualidade das águas e as vazões de mananciais da região (IBGE, 2020). Quando comparada ao mapa de Vegetação, onde está representada a atividade pecuária, torna-se contraditório à Lei nº 907 que esta atividade esteja sendo praticada nesta área de sensibilidade ambiental (Moreira 2017).

Figura 11: Mapa da Área de Proteção Ambiental de Monte Santo do Tocantins.



Fonte: Equipe do projeto.

Contexto Geológico Regional

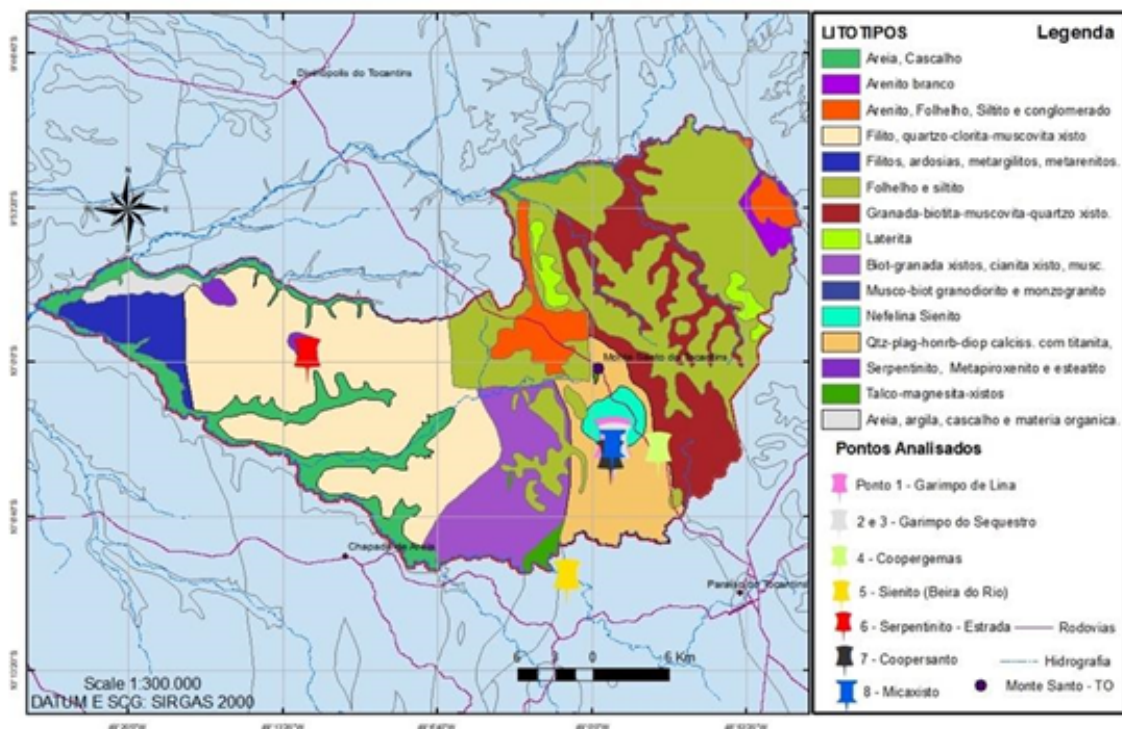
A partir de estudos anteriores foi possível compreender o contexto geológico regional e local (Barreira, 1980; Barreira e Dardenne, 1981; Arcanjo et al., 2000). Também, o Projeto Hidrogeologia no Tocantins - Palmas - Folha SD.22-Z-B (Frasca e Araújo, 2001) e Programa Geologia do Brasil – Tocantins – Folha SC.22 (Faraco et. al., 2004) foram consultados. Parte dos dados já havia sido sistematizada por Souza (2016), onde ficou estabelecido que a região abrange três segmentos crustais distintos: (i) Núcleo Cratônico; (ii) Cinturão Araguaia e (iii) Bacia do Parnaíba. Por sua importância local, aqui serão destacados as características do primeiro segmento, o qual compreende um terreno granito-gnáissico metamorfozado em médio-alto grau, associado a uma sequência meta-vulcano-sedimentar de fácies xisto verde, comporta por duas unidades lito-estratigráficas com arranjos e estilos estruturais similares: (a) Complexo Granítico-Gnáissico Campo Maior (Pcm); e (b) Sequência Metavulcânica-Sedimentar Rio do Coco (Prc). Similarmente, segundo Cavalcante (2023) a região mineralizada de Monte Santo do Tocantins está composta por (i) Complexo Colméia: constituído por rochas gnaissicas e migmatíticas; (ii) Grupo Rio do Coco: sequência vulcano-sedimentar representada por anfibolitos, anfibólio xistos magnesianos, que constituem as rochas vulcânicas máfico-ultramáficas, e formações ferríferas; (iii) Grupo Estrondo: constituído predominantemente por mica xistos (granada-biotita xisto, biotita-muscovita xistos) e quartzitos; (iv) Granitos Intrusivos; e (v) Coberturas Sedimentares (Bacia do Parnaíba): constituída por siltitos, argilitos e folhelhos.

A zona mineralizada que compõe as áreas de garimpo de Monte Santo do Tocantins é composta por rochas vulcânicas máfico-ultramáficas da

Prc, que se configura como possível remanescente de um Greenstone Belt Arqueano, submetido a uma sucessão de processos deformacionais, incluindo intenso hidrotermalismo. Regimes dúcteis, dúcteis-rúpteis e rúpteis obliteraram estruturas internas primárias e relações de contato originais, gerando acentuada foliação de transposição em todos os litotipos.

Ainda segundo Silva (2016), baseando-se em dados de Arcanjo et al. (2000), a geocronologia confirma um posicionamento estratigráfico no Arqueano (2.618 ± 14 Ma) ou conforme Frasca e Araújo (2001) paleoproterozóica devido às relações de contato e similaridade estrutural com o Complexo Granito-Gnáissico Campo Maior (Pcm). Eventualmente, apresenta uma zona de cisalhamento e é cortada pelo “stock” alcalino de Monte Santo (Figura 12).

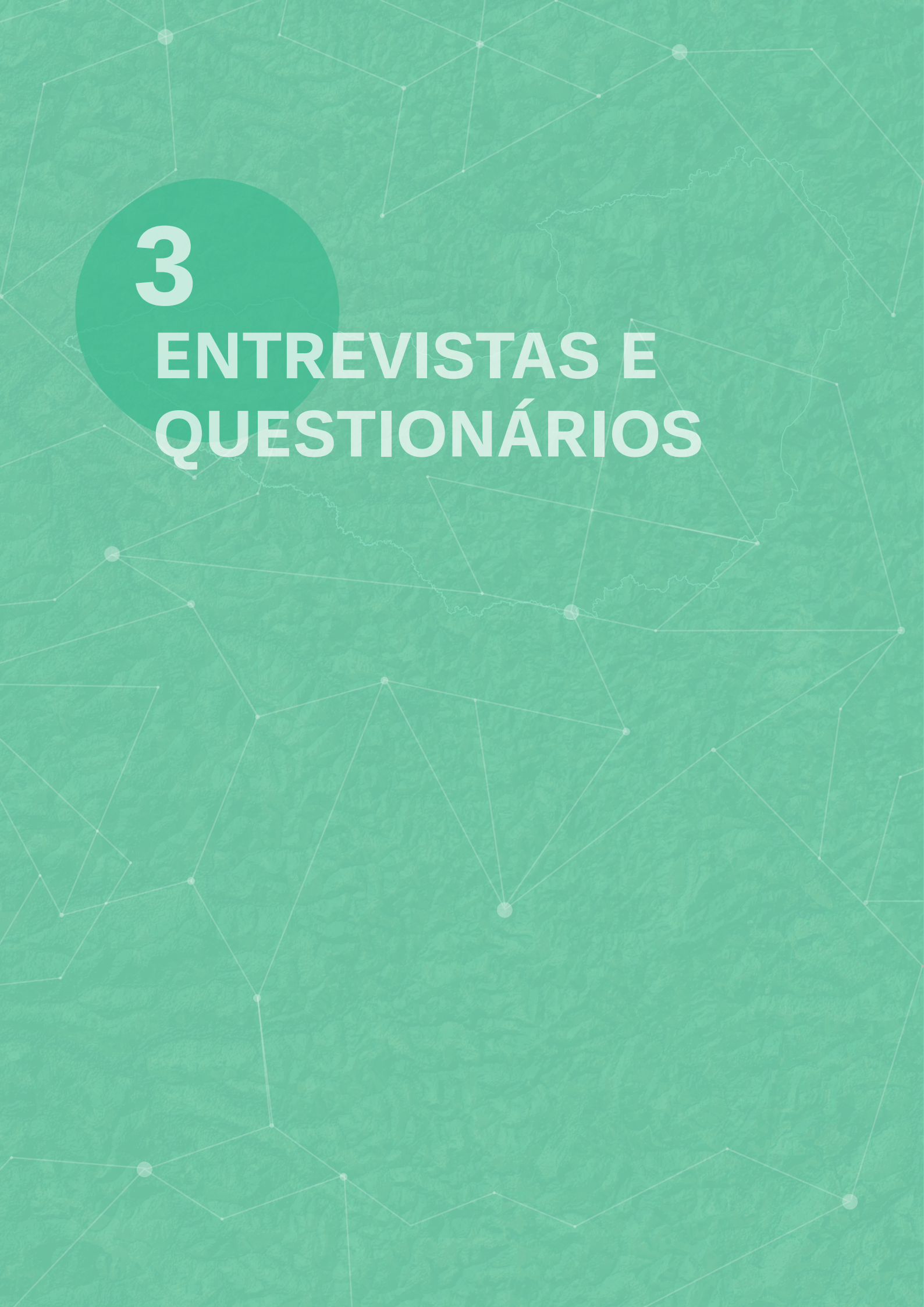
Figura 12: Mapa geológico de Monte Santo do Tocantins.



Fonte: Equipe do projeto.

Segundo Blaskowski e Brod (2021), a região próxima ao município de Monte Santo do Tocantins está associada à interação dos fluidos metasomáticos-hidrotermais das rochas da Suíte Alcalina Monte Santo, com os metassedimentos do Complexo Rio dos Mangues (Ribeiro e Alves, 2017). As rochas encaixantes das mineralizações (meta-máficas biotitizadas) apresentaram baixos teores de quartzo modal. As autoras investigaram o potencial agromineral da região e indicaram algumas rochas que podem se converter em fontes de nutrientes, uma vez que possuem teores significativos de potássio (0,5 - 8,0% K₂O); cálcio (0,04 - 12,7% CaO); Soma de Base (9,9 - 28,8%) e alguns macro e micronutrientes benéficos e declaráveis (Si, Fe, Mn, Ni e Co). Elas destacam que o material descartado (subproduto) da exploração de esmeralda é rico em vermiculita gerada, possivelmente, pelo intemperismo e/ou alteração hidrotermal dos biotititos/flogopititos (Ugarte et al., CETEM, 2008). Esses materiais podem ser importantes para o fornecimento de nutrientes, para o aumento da CTC e aeração do solo, convertendo tais rochas em potenciais condicionadores de solos. Alertam, no entanto, que a presença de Ni, em concentrações acima de 500 ppm, pode gerar restrição agrícola, requerendo blendagens (misturas) para sua utilização.

Blaskowski e Brod (202) ainda mencionam a presença de biotita gnaiss, composto por plagioclásio (70%), biotita (17%), granada (7%), microclínio (4%), além de minerais acessórios como quartzo e calcita, de anfibolito, composto de hornblenda (65%), biotita (25%), plagioclásio (4%), calcita (3%), além de quartzo, clorita e óxidos de ferro. Os contatos são planares entre os grãos). A hornblenda é verde, tabular, idiomórfica a subidiomórfica e orientada.



3

ENTREVISTAS E QUESTIONÁRIOS

Como forma de detalhar os dados públicos, foram elaborados três modelos de questionários em forma de entrevistas qualitativas visando a identificação do perfil dos atores locais envolvidos no desenvolvimento das atividades relacionadas ao Arranjo Produtivo minero-agrícola da região de Monte Santo do Tocantins.

O baixo contingente populacional presente na área urbana e a grande pulverização da população na zona rural de Monte Santo do Tocantins refletem, em certa medida, a baixa adesão da sociedade local ao Projeto, bem como de respondentes aos questionários. É necessário mencionar que outro fator que pode ter influenciado na baixa adesão de respondentes à pesquisa diz respeito às disputas políticas locais. A administração do município (Prefeitura Municipal) não apoiou as iniciativas do Projeto por razões desconhecidas ou porque não há interesse de organizar as classes menos favorecidas (garimpeiros) em Monte Santo do Tocantins. Ainda assim, apoiando-se nos dados públicos e nos dados coletados, foi possível elaborar um diagnóstico socioeconômico e ambiental mais contundente, de forma a apoiar nas ações que visam a estruturação do Arranjo Produtivo de Esmeralda e Remineralizadores de Monte Santo do Tocantins.

A **Tabela 5** sintetiza o perfil geral dos respondentes. Os resultados obtidos são mostrados a seguir:

Tabela 5: Síntese das respostas para o três perfis de respondentes.

	Mineração	Gestores	Agricultura
Mulheres	3	6	5
Homens	18	13	15
Total	21	19	20

	Mineração	Gestores	Agricultura
Até 1 S.M.	8	-	1
Até R\$1.600,00	1	-	0
Até R\$2.000,00	3	-	4
> R\$2.000,00	9	-	15

	Mineração	Gestores	Agricultura
Nunca estudou	1	0	0
E. Fundamental	6	0	6
E. Médio	8	4	6
E. Superior	6	15	8

	Mineração	Gestores	Agricultura
Conhece	18	18	10
Sabe pouco	3	1	6
Desconhece	0	0	4

	Mineração	Gestores	Agricultura
Conhece	10	16	2
Sabe pouco	8	3	2
Desconhece	3	0	16

Fonte: Equipe do projeto.

3.1

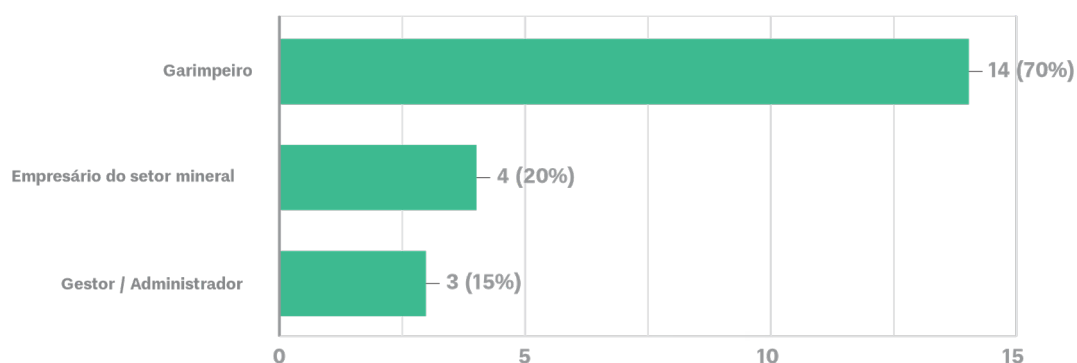
Setor Mineral

Vínculo com a atividade mineral

Como pode ser observado na **Tabela 5**, foi possível obter respostas de 21 pessoas, em um universo de 215 garimpeiros, que fazem parte de quatro cooperativas: Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopergemas); Cooperativa dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopersanto); Cooperativa de Gemas e Metais Preciosos do Brasil (CGMB) e Cooperativa de Garimpeiros do Tocantins (Coorpesta-tins), todas localizadas no município de Monte Santo do Tocantins, o que representa uma porcentagem de 10% do total. Na região ainda existem outras três cooperativas, que não quiseram estar envolvidas no esforço do Projeto APLEREM.

O questionário, enviado para vários cooperados por meio dos presidentes das cooperativas, contém 30 perguntas. Uma das questões referia-se ao vínculo que cada respondente tem com o setor da mineração. Dentre os respondentes, 70% responderam que exercem a profissão de garimpeiro, 20% informaram que estavam ligados ao setor mineral e 15% responderam que exerciam atividades ligadas à gestão ou administração de empresas do setor (**Figura 13**).

Figura 13: Respostas à pergunta “qual é a sua profissão?”.

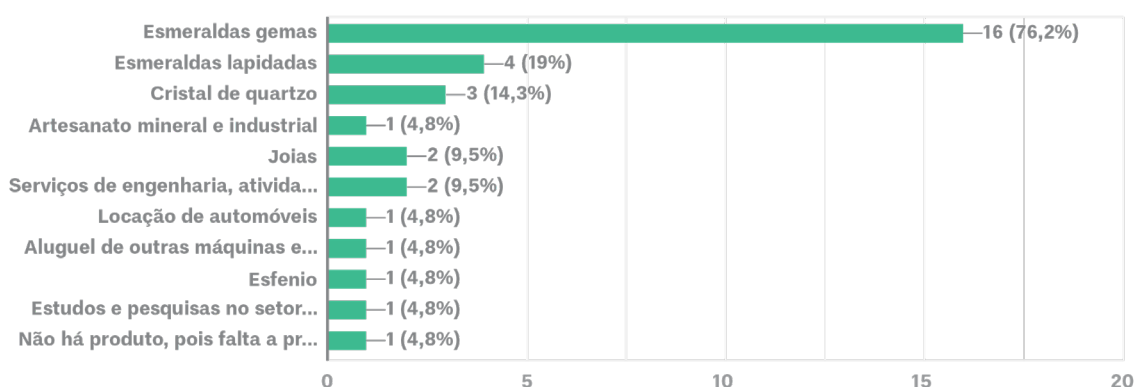


Fonte: Este projeto.

Principais produtos e serviços

Quando consultados sobre os principais produtos e/ou serviços que estão envolvidos, 76% responderam que trabalham com a exploração de gemas de esmeraldas e 19% revelaram que atuam no ramo das pedras lapidadas (esmeraldas). Os outros 14,3% estão vinculados à exploração de cristal de quartzo. 2% desenvolvem trabalhos com joias. Os serviços de engenharia e atividade de exploração mineral foram citados por 2% dos respondentes. Outras atividades citadas foram locação de automóveis e máquinas, exploração de esfenio e estudos e pesquisas no setor (Figura 14).

Figura 14: Respostas à pergunta “qual(is) são seus principais produtos e serviços?”.



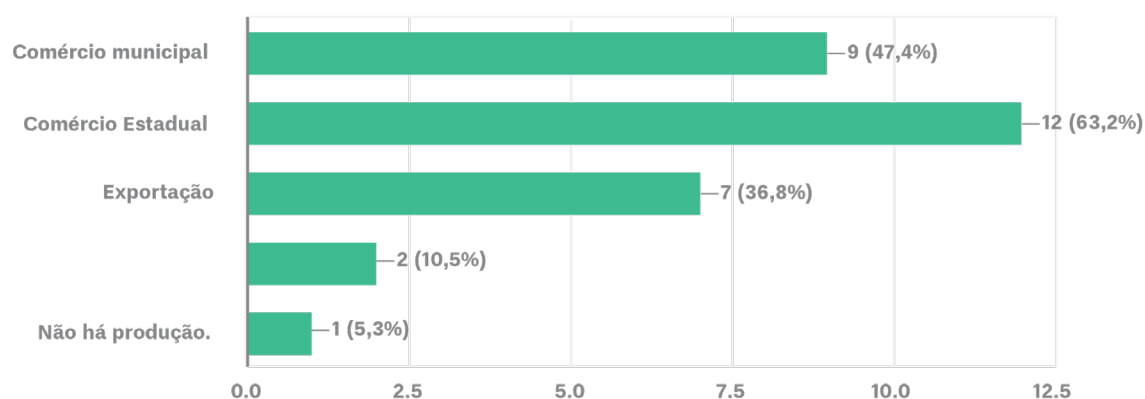
Fonte: Este projeto.

Destino da produção

No que diz respeito ao destino da produção obtida com a atividade, pode-se averiguar que a venda é feita no próprio município, no estado e/ou para outros países. Dentre os respondentes, 63,2% informaram que

vendem sua produção no estado do Tocantins. 47,4% mencionaram que vendem os produtos no próprio município de Monte Santo do Tocantins, enquanto que 36,8% das vendas são dirigidas à exportação (**Figura 15**).

Figura 15: Respostas à pergunta “qual é o destino da sua produção?”.



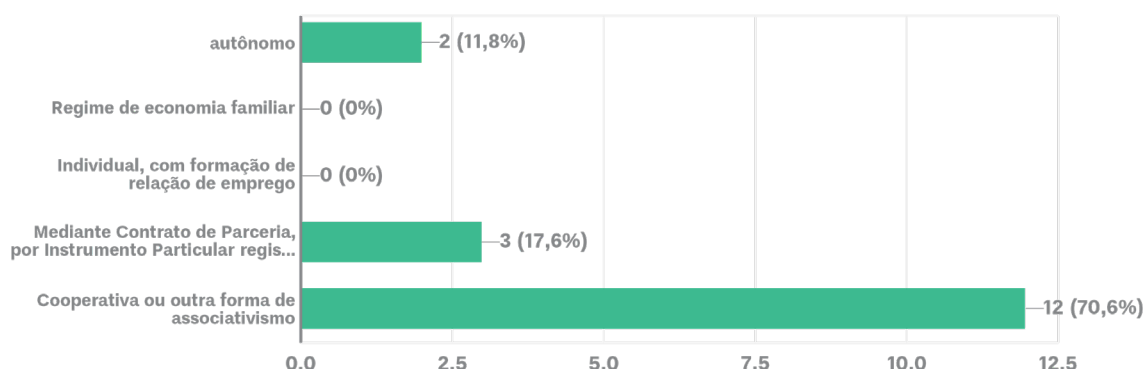
Fonte: Este projeto.

Modalidade de trabalho

Entre os dados obtidos, talvez um dos mais significativos revela que 81% dos respondentes trabalham nessa atividade há mais de 10 anos. Importa resgatar que a atividade do garimpo iniciou na década de 1990. Alguns dos garimpeiros com quem conversamos revelam que estão nesta situação desde o início do garimpo na região. Porém, 9,5% informaram que estão na atividade entre um e quatro anos.

Acerca das modalidades de trabalho (conforme o Estatuto do Garimpeiro), 12 respondentes (70,6%) informaram que estão vinculados a uma das cooperativas da região. Outros 3 (17,6%) trabalham mediante contrato de parceria por instrumento particular. Somente dois (11,8%) exercem a atividade de modo autônomo (**Figura 16**).

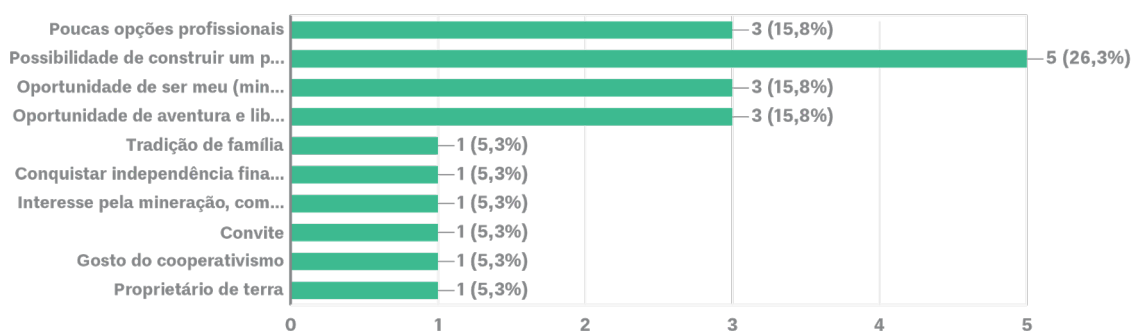
Figura 16: Respostas à pergunta “caso seja garimpeiro(a), em qual modalidade de trabalho, conforme o Estatuto dos Garimpeiros, o(a) senhor(a) se classifica?”.



Motivo da escolha da profissão

No que se refere à pergunta sobre a escolha da profissão ou quais os motivos que levaram à escolha por essa profissão, 26% responderam que essa foi uma opção de construir um patrimônio rapidamente. Outros relacionaram à falta de opções profissionais (15,8%); oportunidade de ser empresário (15,8%) e oportunidade de aventura e liberdade (15,8%). Outras opções, como tradição da família, conquistar independência financeira e/ou proprietário da terra etc., representaram 5,3% (**Figura 17**).

Figura 17: Respostas à pergunta “o(a) senhor(a) escolheu a atividade de garimpo/mineração por qual motivo?”.



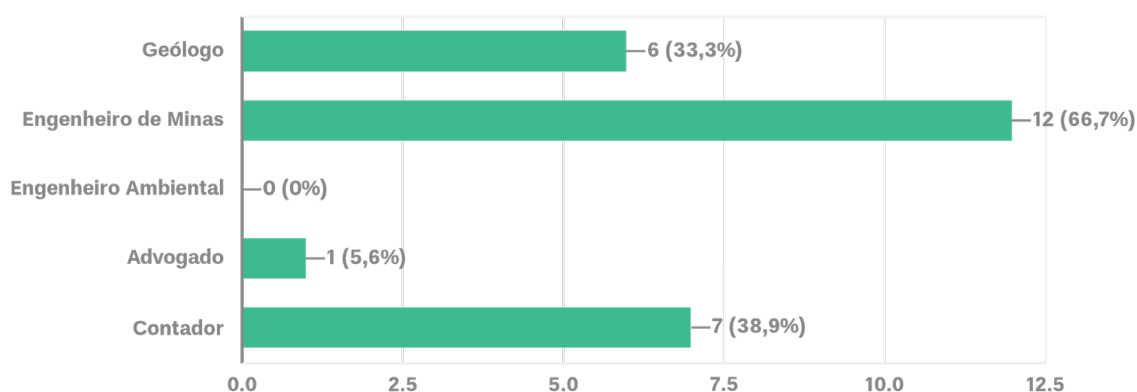
Fonte: Este projeto.

Quadro técnico

Também foi perguntado sobre a importância do conhecimento técnico e enquadramento em normas federais. Constatou-se que 100% dos entrevistados concordam que estes pressupostos são fundamentais para a condução das atividades, bem como para a segurança jurídica dos projetos de lavra. Ainda assim, foi possível perceber que existem ressalvas por parte de alguns respondentes, que mencionaram uma “cultura” de desconfiança no garimpo à adesão a novas técnicas de exploração, ainda que muitas delas melhorem a qualidade de vida dos trabalhadores e a segurança.

Quando buscou-se conhecer a existência de apoio técnico (geólogos, engenheiros, advogados e contadores), cerca de 66% responderam que sabem do apoio com engenheiros de minas; 38,9%, contadores; 33%, geólogos; 5,6%, advogados. Não foi mencionada a presença de profissionais ligados à área ambiental.

Figura 18: Respostas à pergunta “o(a) senhor(a) ou a cooperativa/empresa a que o(a) senhor(a) está vinculado(a) possui quais profissionais em seu quadro técnico?”.



Fonte: Este projeto.

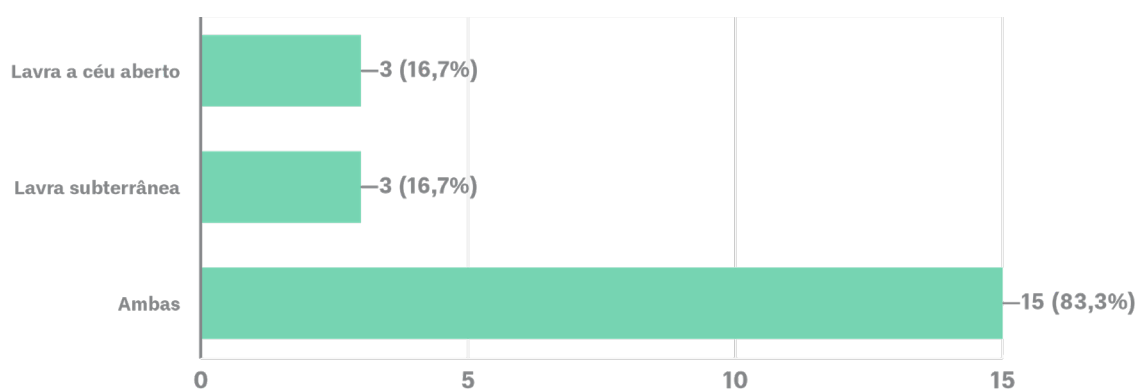
Método de exploração de jazidas

No que se refere à situação legal das cooperativas junto às instituições de concessão e licenças, 77,8% dos respondentes mencionaram que o instrumento de licença é a Permissão de Lavra Garimpeira (PLG), outros 22,2% informaram que possuem requerimento de permissão de pesquisa e de autorização de pesquisa. Vale dizer que, de modo geral, os garimpeiros estão amparados por permissões ou licenças para operar. Quanto às questões ambientais, 90% informaram que possuem a licença de operação; 5%, licença prévia de instalação e outros 5% estão em fase de obtenção das licenças prévias de instalação e operação.

Cerca de 83% responderam que atendem às normativas da Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) e 22% mencionaram o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP) e igual proporção à inscrição estadual.

Os empreendimentos, em geral, se dão em lavra a céu aberto ou subterrânea; aqui, vê-se que ocorrem essas duas formas de lavra. A maioria (83,3%) mencionou que as duas situações ocorrem em suas áreas.

Figura 19: Respostas à questão “forma de desenvolvimento da mina”.

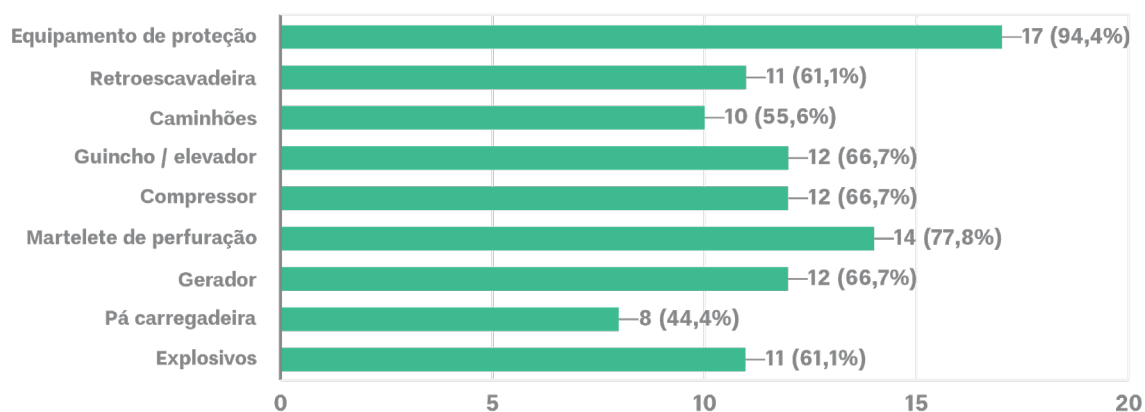


Fonte: Este projeto.

Equipamentos utilizados

Quando perguntados sobre os tipos de equipamentos mais utilizados nas atividades de lavra, a grande maioria informou que faz uso dos equipamentos básicos de segurança (95%). Quanto aos equipamentos, mencionaram as retroescavadeiras (62%), caminhões (55%), guincho/elevador (67%), compressor (67%), martetele de perfuração (77,8%), gerador (66,7%), explosivos (61%) e pá carregadeira (44,4%). O uso desses equipamentos garante, ao menos em parte, a segurança dos trabalhadores (**Figura 20**). Mas deve ser mencionado que, ao longo das visitas de campo às áreas de garimpo, foi possível perceber uma série de trabalhos realizados em condições penosas, em especial aos trabalhadores que utilizam martetele de perfuração no interior dos shafts.

Figura 20: Respostas à questão “indique os equipamentos e materiais utilizados para a extração”.

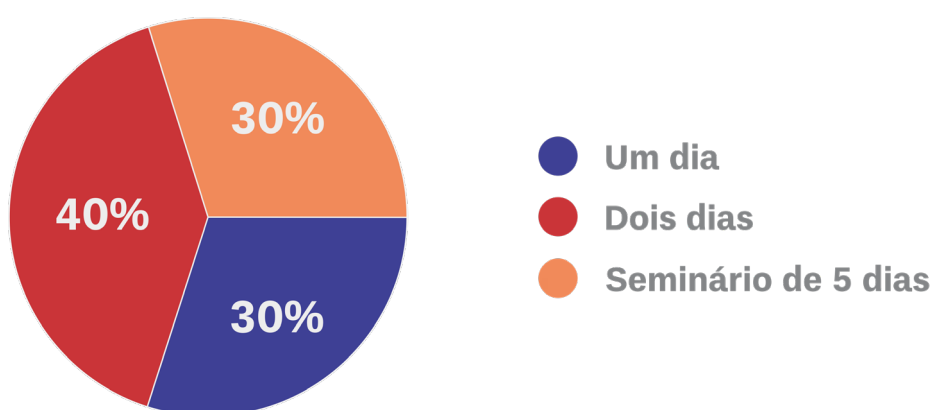


Fonte: Este projeto.

Disponibilidade para cursos

Para ampliar o conhecimento acerca do tema, o Projeto ofereceu cursos de capacitação sobre o tema. Esses cursos fazem parte das metas/etapas do Projeto. Entre os cursos ofertados, dois deles referem-se especialmente aos conceitos e principais usos dos remineralizadores, bem como o atendimento às normas vigentes para que um determinado tipo de rocha moída possa obter registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Ainda que tenha havido uma forte manifestação sobre essas capacitações (87% mencionaram que têm interesse em conhecer a tecnologia), as atividades contaram com uma participação pouco expressiva dos garimpeiros, mesmo que os respondentes tenham mencionado que estariam à disposição para treinamentos de dois a cinco dias, conforme pode ser visto na **Figura 21**.

Figura 21: Respostas à pergunta “o(a) senhor(a) poderia indicar um período de tempo adequado?”.



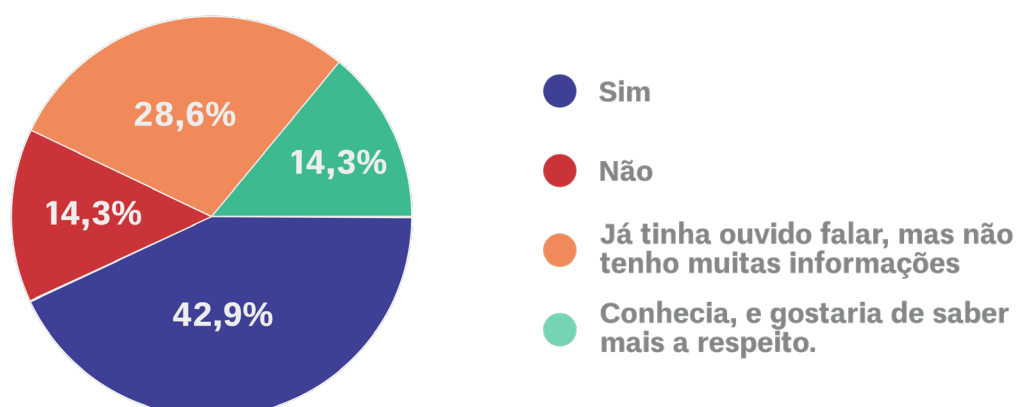
Fonte: Este projeto.

Conhecimento sobre Arranjos Produtivos Locais (APL)

Apesar dessa adesão ser pouco expressiva, os respondentes acreditam (100%) que a transformação dos descartes da exploração das esmeraldas poderia se converter em um mecanismo de desenvolvimento para o município de Monte Santo do Tocantins. Essa opção traria um forte impacto se associada à implementação de um Arranjo Produtivo Local, como proposto no presente Projeto.

O curioso é que apesar do APL de Monte Santo do Tocantins já ter sido criado no âmbito da rede APLMineral/MCTI, mais de 50% dos entrevistados ou desconhecia o conceito ou não sabia do que se tratava, conforme pode ser visto na **Figura 22**.

Figura 22: Respostas à pergunta “o(a) senhor(a) já ouviu falar de Arranjos Produtivos Locais (APL)?”.



Fonte: Este projeto.

Apesar das informações sobre APLs não estarem consolidadas, 95% dos respondentes vislumbram uma boa oportunidade de desenvolvimento para seus negócios e o Município com a estruturação do Arranjo Produtivo de Esmeraldas e Remineralizadores, proposto no presente Projeto. 100% dos respondentes avaliam que a criação de uma rede de cooperação, aprendizado e inovação dedicada às ações do Projeto fortalecerá o setor mineral e agrícola da região. Eles mencionaram que o fortalecimento do APL facilitará o acesso a novos conhecimentos tecnológicos e melhores condições de vida para os garimpeiros, em geral. Especialmente porque 95% dos entrevistados entendem que a atividade do garimpo em Monte Santo do Tocantins é uma oportunidade econômica, que não resulta em problemas ambientais. A movimentação de solo e rochas não é entendida, pela categoria, como um problema, mas, sim, como um resultado de uma atividade econômica (processo de lavra). Nesse aspecto, o uso desses materiais para fins agrícolas permitiria que novas formas de uso da terra pudessem ser estabelecidas, ao menos nas áreas de entorno dos garimpos, diminuindo conflitos e estabelecendo novas relações entre agricultores e garimpeiros. Esses conflitos foram percebidos durante as conversas junto aos diversos entrevistados. Alguns respondentes mencionaram que a adequação das condicionantes ambientais já faz parte do processo de obtenção das licenças minerais.

Os conflitos e as oportunidades derivados da relação entre a atividade de exploração de esmeraldas e os agricultores foi um dos motivadores da proposta desse Projeto. Portanto, era necessário conhecer a percepção desse setor sobre a disposição para se envolver mais diretamente na conformação do APL. Por tal motivo, e para conhecer a demanda de insumos (remineralizadores) na região, foi feita uma pesquisa em meio a este público.

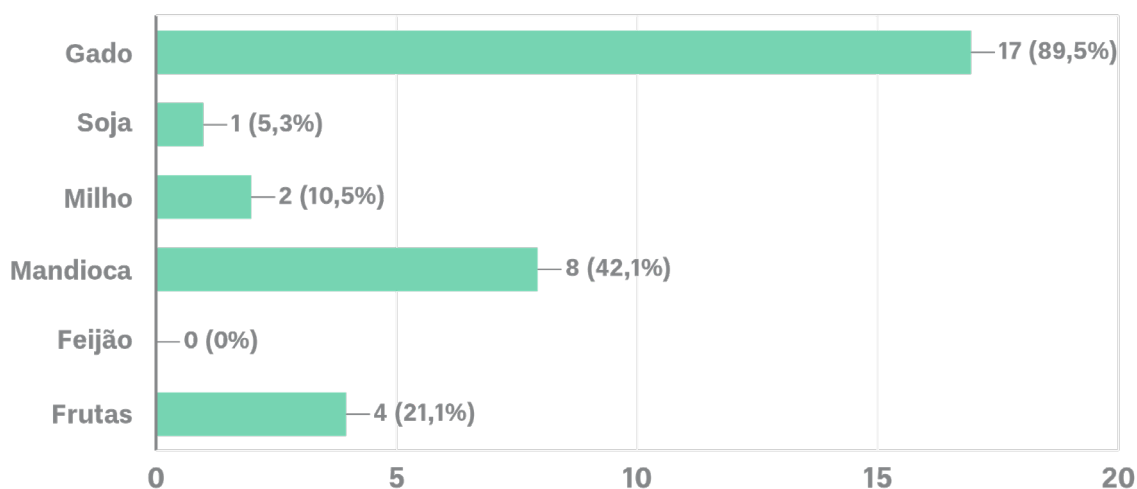
3.2

Setor Agropecuário

Principais produtos agrícolas

Percebeu-se que a maioria (75%) informou que a renda é superior a R\$ 2.000,00, incluindo alguns pequenos proprietários que possuem empreendimentos voltados para o abastecimento de produtos na região de Paraíso do Tocantins e até Palmas, com a produção de hortaliças, mandioca e feijão. Já as grandes propriedades possuem um perfil produtivo mais aderente à pecuária, mas foi possível verificar que a produção de soja e milho também são importantes atividades para parte desses estabelecimentos (**Figura 23**).

Figura 23: Respostas à pergunta “qual(is) são os principais produtos produzidos em seu estabelecimento?”.



Fonte: Este projeto.

Acesso a linhas de crédito

Também buscou-se entender o acesso ao crédito por parte dos distintos perfis de proprietários. Quando perguntados se já haviam acessado

créditos oficiais (rede bancária e/ou cooperativas de crédito) para custear ou investir na atividade agrícola ou de pecuária, 55% mencionaram que sim (e de modo geral essas respostas estão associadas às propriedades de porte médio a grande). Já outros 45% mencionaram que não acessam nenhum tipo de financiamento público e contam com recursos próprios ou da família para conduzir seus negócios agrícolas.

Assistência técnica

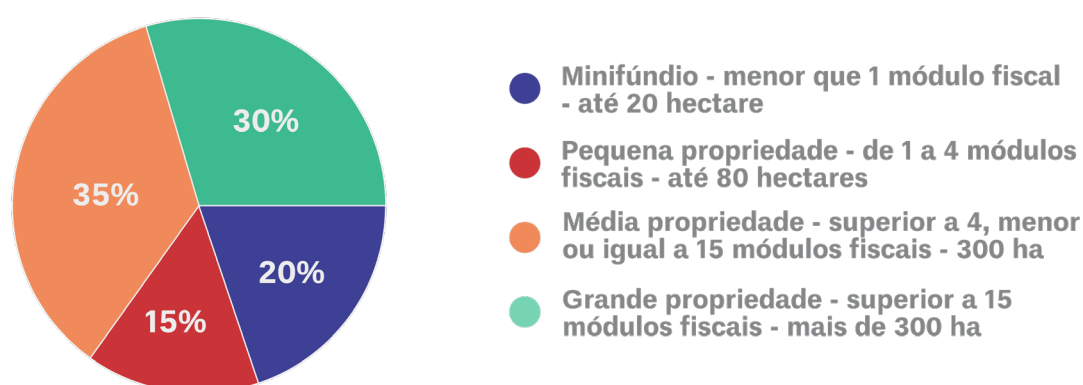
No que se refere à assistência técnica, pode-se averiguar que a região é bastante deficitária nessa demanda, em especial no que se refere ao conhecimento sobre a qualidade dos solos da região. Entre os respondentes, 57% mencionaram que nunca haviam feito análises de fertilidade dos solos para conhecer o perfil e a demanda nutricional e, assim, poder executar práticas de manejo mais adequadas à realidade nutricional dos solos. Somente 26% mencionaram que costumam ter esse tipo de prática, como forma de garantir acesso à necessidade de carga de fertilizantes. Outros 15% informaram que fizeram análises para conhecer o perfil nutricional há mais de dois anos.

Tamanho das propriedades

Quanto ao tamanho das propriedades, pode-se averiguar que 35% dos respondentes enquadram-se na categoria de agricultores familiares (minifúndio com até um módulo fiscal e pequena propriedade com até quatro módulos fiscais). No caso da região de Monte Santo do Tocantins,

o INCRA estabeleceu que o módulo fiscal é de 20 ha; portanto, nessa categoria, enquadram-se os estabelecimentos de até 80 ha. De outro lado, 30% dos respondentes estão inseridos no perfil de grandes propriedades (mais de 15 módulos fiscais, o que equivale a no mínimo 300 ha). Algumas das propriedades visitadas durante as entrevistas alcançam mais de cinco mil ha. Entre essas duas categorias (**Figura 24**), foi possível constatar que 35% dos respondentes enquadram-se na categoria das propriedades de porte médio (entre 4 e 15 módulos fiscais). Não por acaso, alguns desses estabelecimentos estão situados na área do garimpo e eventualmente possuem conflitos com os garimpeiros.

Figura 24: Respostas à pergunta “qual é o tamanho da sua propriedade, em hectares?”.



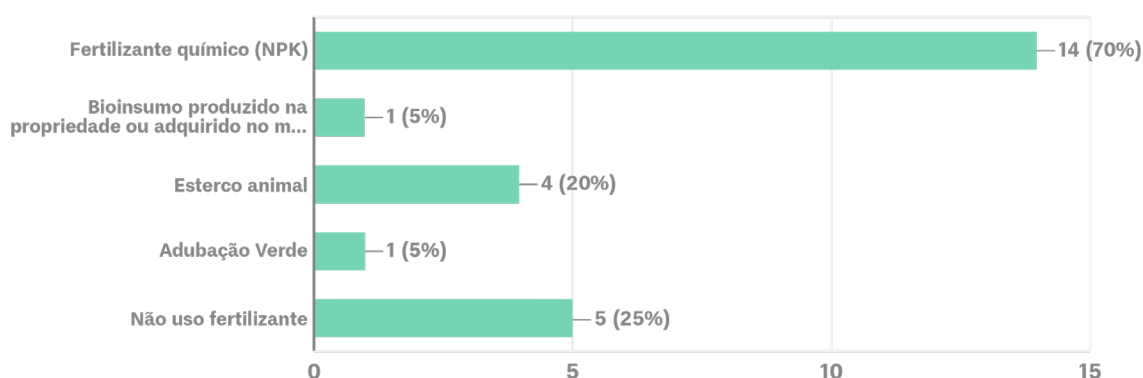
Fonte: Este projeto.

Uso de fertilizantes

A ausência de assistência técnica e extensão rural associada ao pouco conhecimento sobre o perfil nutricional do solo leva a maioria dos agricultores a usar fertilizantes solúveis, conforme indicação dos vendedores de adubos. De modo geral, o insumo mais utilizado é o fertilizante químico à

base de NPK (70%), mas foi possível constatar que alguns proprietários informam que fazem uso de bioinsumos produzidos na propriedade ou de esterco animal, ou, ainda, adubação verde. O uso de calcário foi mencionado como uma das únicas práticas de correção dos solos, segundo 65% dos respondentes. O fato preocupante é que 25% mencionaram que não usam nenhum tipo de insumo para viabilizar a produção (**Figura 25**). Considerando o perfil dos solos da região, normalmente muito intemperizado (plintossolo e latossolos), as dificuldades produtivas são severas.

Figura 25: Respostas à pergunta “que tipo de fertilizante o(a) senhor(a) usa para facilitar a obtenção da produção agrícola ou para pastagem?”.



Fonte: Este projeto.

Quando perguntados sobre remineralizadores aptos para uso agrícola e para melhorar o perfil de fertilidade dos solos, 50% mencionaram que conheciam essa possibilidade e somente 20% informaram que nunca tiveram informação sobre essa possibilidade. Outros 30% informaram que já tinham algum conhecimento sobre este tema, mas não sabiam como poderia ter acesso a este tipo de insumo.

Quando informados pela equipe do projeto das possibilidades relacionadas ao uso de produtos disponíveis na própria região a partir de subpro-

duto derivados da exploração e esmeraldas, 85% informaram que teriam interesse em usar os remineralizadores em suas propriedades. Entre os respondentes, 10% ficaram em dúvida e disseram que gostariam de mais informações e 5% disseram que não gostariam de usar.

Os entrevistados do setor agropecuário, de maneira semelhante aos do setor mineral, mencionaram que teriam interesse em participar de cursos de formação (80%) que fornecessem mais informações sobre o uso dos remineralizadores. Outros 20% disseram não ter interesse. A grande maioria informou que teria de um a dois dias para frequentar esse tipo de curso. No entanto, ao serem convidados para participar de cursos de formação na modalidade remota (online), essa disposição não foi verificada, ainda que 85% dos respondentes tivessem informado que apoiariam o uso dos remineralizadores, derivados do processo de extração da esmeralda.

Quando questionados sobre Arranjos Produtivos Locais, 70% responderam que não conheciam o assunto e 15% informaram que já haviam ouvido falar, mas não sabiam do que se tratava. Somente 15% mencionaram que conheciam o assunto e teriam interesse de saber mais a respeito dessa possibilidade. De modo geral, (78,9%) mencionaram que apoiariam a estruturação do APLEREM, porque essa opção traria o desenvolvimento local e ampliaria a oferta de insumos para o setor agrícola, e porque seria um mecanismo para melhorar a relação entre a atividade do garimpo e das propriedades agrícolas. Especialmente, porque entendem que a exploração mineral é uma oportunidade econômica para o município de Monte Santo do Tocantins (57,9%). Mas é conveniente mencionar que, para 36,8% dos respondentes, essa atividade significa um problema ambiental que atinge a todos os moradores do município,

porque não se tem o conhecimento de como é feita a atividade de lavra e se ela é desenvolvida com amparo da legislação (licenças em várias instâncias). Os 10% de respondentes que informaram não apoiar este tipo de iniciativa indicaram que o processo deixa um rastro de destruição (crateras e deslocamento de solo por onde atua).

Por fim, foi perguntado se os respondentes teriam sugestões para viabilizar as parcerias entre a atividade do garimpo e da agropecuária. Foi mencionado que deveria haver um planejamento local para atender à demanda da região; a formação de cooperativas; acesso a treinamentos para que ambos os lados conhecessem um pouco melhor as atividades de forma a atuar com complementaridade; investimentos públicos; respeito a modelo produtivo de ambos os lados como forma de buscar sinergias e integração de um modelo de desenvolvimento local.

3.3

Gestores Públicos

Buscando entender como poderia ser estabelecido um processo de planejamento e organização das atividades dos dois setores, foi necessário compreender e encontrar respostas junto aos gestores locais, estaduais e federais e do terceiro setor (ONGs). O estabelecimento de políticas públicas e o oferecimento de recursos para consolidar um modelo de desenvolvimento produtivo local precisa estar articulado com as ações desses entes de representação e governança.

Para tanto, foram efetuadas entrevistas junto aos gestores dos três níveis de gestão. Obteve-se retorno de 19 participantes. Como exposto na **Tabela 5**, 68,4% dos respondentes são do sexo masculino e 31,6%, do feminino. A maioria (78,9%) possui nível de escolaridade superior e 21,1% possui o nível médio. Do total, 33,3% são do nível federal, com igual número de representantes de ONGs. Somente quatro gestores estaduais responderam aos questionários e, do município, apenas um.

Essa falta de interesse em participar da pesquisa demonstra, em certa medida, que os gestores públicos não valorizam novas formas de governança e/ou de iniciativas que possam levar o desenvolvimento para comunidades e/ou categorias que vivem à margem dos processos de inclusão. Merecem destaque as respostas de alguns órgãos diretamente envolvidos com as iniciativas desse projeto. Entre elas, pode-se citar o MCTI, o MME, o Serviço Geológico do Brasil, a Agência Nacional de Mineração, a Agência de Mineração do estado do Tocantins, a Companhia de Mineração do Tocantins e universidades, como a UFRJ. São gestores, técnicos, analistas e auditores que vislumbram novas formatações econômicas em regiões de poucas oportunidades socioeconômicas, mas com grande diversidade de possibilidades de negócios.

Esses atores e instituições têm sido parceiras importantes nas iniciativas

propostas no âmbito da construção e desenvolvimento do APLEREM. A maioria deles possui um público alvo ligado ao setor da mineração (83,2%) e 21,1% ao setor agrícola. Alguns vislumbram a possibilidade de fomentar os negócios relativos ao comércio de insumos (remineralizadores), buscando investidores dispostos a participar de novas iniciativas. Porém, há gestores que atuam no mapeamento geológico regional com vistas a ampliar o conhecimento dos recursos naturais do município.

Cerca de 80% informaram que, considerando o perfil mineral da região, as possibilidades de uso dos recursos devem estar associadas com as atividades desenvolvidas na região (garimpo), ainda que se considere que 93,4% dos respondentes entendam que a produção de esmeraldas é voltada para o mercado internacional.

Quando perguntados sobre o tema dos remineralizadores, 94,7% mencionaram que conheciam o tema. Tal conhecimento pode facilitar a adesão de empresas públicas ou instituições (nas três esferas de governo), no sentido de facilitar mecanismos de sinergia entre os envolvidos (garimpeiros e agricultores/pecuaristas). 100% dos entrevistados mencionaram que apoiariam ações voltadas para facilitar o uso de remineralizadores derivados de uma fonte mineral próxima, por meio de políticas públicas a serem criadas ou fortalecidas.

Já no que se refere ao conhecimento prévio acerca de Arranjos Produtivos Locais, 84,2% mencionaram que já conheciam esse tema. Mas todos (100%) mencionaram que apoiariam a estruturação do APLEREM como forma de envolver os setores mineral e agrícola e consideram que é importante o desenvolvimento de uma rede de cooperação, aprendizagem e inovação dedicada à realização de ações e projetos no município de Monte Santo do Tocantins.

Entre as motivações para este apoio, os respondentes citaram:

1. O material utilizado seria transformado em um passivo ambiental como insumo agrícola, impulsionando o agronegócio de forma mais barata para gerar mais emprego e renda;
2. A rede de cooperação pode viabilizar o uso dos descartes de esmeralda, reduzindo o passivo ambiental provocado pela atividade garimpeira;
3. Benefício para o setor agrícola e favorecimento do estabelecimento de uma nova fonte de renda para o setor minerário;
4. Oportunidades de novos incentivos à pequena mineração;
5. A proposta é aderente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas - ONU, tais como redução da pobreza e sustentabilidade das atividades produtivas;
6. Facilitação da agregação de muitas famílias e estabelecimentos;
7. Facilitação de inovação, que estimularia o uso de materiais rochosos, é benéfica, tornando a atividade ambientalmente mais segura e socialmente mais sustentável, com reflexos na agricultura local, devido à redução de custos e, na maioria das vezes, aumento da produtividade e da saúde das plantas e dos pequenos agricultores;
8. Estabelecimento de ações relacionadas à educação, capacitação e inovação que movimentem e conectem a cadeia produtiva;

9. Comprometimento e apoio de instituições, como universidades, Embrapa, SGB, Emater, cooperativas entre outras para o desenvolvimento regional e produção de conhecimento;
10. Ação extremamente importante na medida em que fortalece a produção local de remineralizadores e favorece o aumento da produtividade agrícola.

Pode-se averiguar que 100% dos gestores entrevistados veem a atividade do garimpo como uma oportunidade econômica, porque se gerida de forma sustentável trará benefícios financeiros para os cooperativados e para o município, além de facilitar a fixação dos garimpeiros no local. Um dos respondentes lembrou que a atividade garimpeira, praticada por mineradores de pequeno porte, em geral, é de subsistência e, na maioria das vezes, não é sustentável pela falta de conhecimento dos seus executores. Muitos desses garimpos não têm reserva econômica que justifique maiores investimentos, mas suas atividades impulsionam o desenvolvimento local e o sustento de famílias. A organização destas atividades e a inserção delas em um APL pode potencializar os ganhos e a sustentabilidade (social, ambiental e econômica) do grupo envolvido.

No mais, ainda que os respondentes não vejam a atividade como geradora de problemas ambientais, um deles destacou que apoiar o APL resulta em uma ação extremamente importante na medida em que fortalece a produção local de remineralizadores e favorece o aumento da produtividade agrícola. Mas lembra que as redes de cooperação são imprescindíveis para o fortalecimento da produção local e para a geração de emprego e renda, tornando-se, assim, uma estratégia eficaz para

promover o desenvolvimento sustentável e integrado das regiões com semelhantes potenciais.

Ao serem questionados se poderiam oferecer sugestões para viabilizar a parceria entre os setores mineral (garimpo) e agrícola, os respondentes elencaram as seguintes propostas:

1. Identificar a demanda de clientes potenciais na região para o consumo de remineralizadores , de forma a implantar projetos de aproveitamento dos subprodutos derivados do garimpo;
2. Mobilizar gestores e pessoas comprometidas com a busca de soluções para viabilizar projetos inovadores e sustentáveis;
3. Estabelecimento de parcerias entre as lideranças do garimpo e cooperados com lideranças do setor agropecuário (sindicatos rurais, SENAR, SEAGRO, MAPA, entre outras);
4. Estabelecimento de parcerias das cooperativas com investidores para potencializar a exploração de esmeraldas, ampliando a oferta dos materiais de descartes a serem enquadrados como remineralizadores;
5. Investimento em cursos de capacitação em trabalhos educacionais na área da gestão de negócios, tecnologias e responsabilidade socioambiental (em ambos os setores);
6. Criação de feiras e exposições que desperte o interesse dos compradores de gemas, tais como joalherias;

7. Detalhamento do conhecimento geológico da região (zoneamento e planejamento territorial), de forma a identificar áreas com melhor perfil de produção de gemas e de remineralizadores;
8. Estabelecimento de uma plataforma com informações acessíveis e seguras sobre o enquadramento legal dos garimpos junto às Agências de Mineração, como forma de potencializar o desenvolvimento e segurança jurídica dos garimpeiros.



4

REDE DE COOPERAÇÃO

Ainda que vários impedimentos tenham impossibilitado um avanço no fortalecimento do APLEREM, em particular as disputas históricas entre as cooperativas e entre garimpeiros e pelo desinteresse do poder público local, em especial da prefeitura municipal, as ações empreendidas no Projeto permitiram a formalização de um acordo entre várias instituições do estado do Tocantins, quais sejam: Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins (SEAGRO), Secretaria de Estado da Indústria e Comércio e Serviços (SICS), Companhia de Mineração do Tocantins (Mineratins), Agência de Mineração do Estado do Tocantins (Ameto), Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Tocantins (FAPT), Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopergemas), Cooperativa dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopersanto), Cooperativa de Gemas e Metais Preciosos do Brasil (CGMB), ROM Mineração de Resultados (RMR). No nível Federal, a Carta Compromisso foi assinada por representantes do Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação/Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação/ coordenação e Inovação em Tecnologias Setoriais e pelo Instituto Prospectiva (INSPRO). O processo de articulação desse acordo foi conduzido pela coordenação do Projeto APLEREM-MS/TO, da Universidade de Brasília.

A seguir está disposto o texto deste acordo (Carta Compromisso).



COMPROMISSO COM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE MONTE SANTO TOCANTINS E REGIÃO - (2024-2045)

O projeto Arranjo Produtivo Local de Esmeralda e Remineralizadores de Monte Santo/TO (APLEREM-MS/TO), proposto pela equipe da Universidade de Brasília e outros parceiros institucionais no âmbito *do Edital 28/2022/CNPq* foi selecionado no final de 2022 e teve suas atividades iniciadas em 2023.

Seu objetivo principal considera a criação de uma rede de cooperação, aprendizagem coletiva, aprimoramento de gestão, governança, planejamento estratégico e apoio à inovação dedicada ao aproveitamento de esmeraldas e dos remineralizadores (REM) para desenvolvimento socioeconômico e ambiental do Arranjo Produtivo de Esmeralda e Remineralizadores de Monte Santo/TO.

Entre outros objetivos do Projeto destacam-se, por sua importância: (i) realizar um diagnóstico do setor minero-agrícola de Monte Santo (TO) para identificar e caracterizar as etapas das cadeias produtivas; os agentes sociais, políticos e econômicos; os gargalos, desafios e oportunidades das áreas de exploração de esmeraldas; (ii) oferecer cursos e oficinas em extensionismo tecnológico, mineral e agrícola; (iii) identificar o perfil dos estabelecimentos agrícolas em um raio de 300 Km do APLEREM-MS e (iv) estabelecer uma metodologia de estruturação e implantação de APLEREM-MS como estratégia para o desenvolvimento da cadeia produtiva de esmeraldas e remineralizadores na região de Monte Santo.

Para entender melhor o contexto do Projeto são evidenciados os conceitos de APL e Remineralizadores de solo, como a seguir:

- *APL de Base Mineral* são aglomerações significativas de agentes econômicos, políticos e sociais em um delimitado território, que atuam nas atividades extrativa e de transformação mineral, de fabricação de produtos de base mineral, de PD&I, de comercialização, de crédito e de fornecimento de bens de capital, insumos e serviços; que estabelecem mecanismo de gestão e governança e que constituem rede de articulação, interação, cooperação, aprendizagem e inovação (BRASIL/CT Rede APL-mineral, 2022).
- *Remineralizadores de solos* são insumos permitidos na legislação Brasileira (Lei 12890/2013), que se originam da moagem de determinados tipos de rochas (Brasil, 2013). São utilizados para ampliar a fertilidade dos solos e o desenvolvimento das plantas. Seu uso favorece produções compatíveis e equiparáveis àquelas obtidas com o uso dos fertilizantes convencionais solúveis, com custos mais baratos do que os das fontes solúveis (PNF/Brasil 2022)

Após um ano do início do Projeto, desafios e conquistas foram se somando na mesma proporção. Entre as conquistas, é necessário mencionar, a adesão de instituições públicas e privadas do estado do Tocantins. Contudo, a construção de uma rede de apoio às iniciativas do projeto ainda precisa ser fortalecida, de forma que os distintos atores possam participar de forma efetiva, conduzindo ações para fortalecer a governança e mesmo a existência do APLEREM.

O trabalho inicial já foi feito pela equipe do Projeto em parceria com o Instituto Prospectiva (INSPRO), Comitê Temático Rede Brasileira de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral (CT RedeAPLmineral) e representantes de diversas instituições, incluindo garimpeiros filiados às Cooperativas da região e da sociedade civil. Mas muito há o que ser feito. A Sociedade em geral



e os gestores públicos, em particular, precisam se engajar na construção do futuro do APLEREM- MS/TO, com vistas a pensá-lo nos próximos 21 anos (2045).

Até o presente momento, membros da equipe do Projeto, do INSPRO, do CT RedeAPLmineral e da sociedade civil têm trabalhado nas reflexões e na construção dos cenários possíveis do APLEREM, com o objetivo de viabilizar ações conjuntas em prol do seu desenvolvimento, segundo princípios sustentáveis. Ao contemplar o prazo de vinte e um anos, esse grupo deixa claro que se deve ter em vista um horizonte de planejamento mais longo, que integre a gestão federal, estadual, municipal e que deve se estender para além das próximas administrações. Paralelamente, o grupo entende que é necessário que haja um alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Esse movimento coletivo estabeleceu como prioritária a atuação colaborativa, que dialogue com as ações do Executivo e o Legislativo, como forma de aprofundar um desenvolvimento focado na criação de um *ambiente favorável para promoção da integração das atividades econômicas indutoras do desenvolvimento sustentável territorial e fortalecimento do Arranjo Produtivo de Esmeraldas e Remineralizadores* do Estado de Tocantins.

Para tanto, é apresentada uma lista de compromissos com causas meritórias – elaborada com a participação de cidadãos e especialistas de APLEREM MS TO – para os quais convergem a necessidade de apoio dos poderes público, das empresas privadas e das organizações sociais. Esses compromissos estão expressos em objetivos gerais e em uma visão do futuro que se deseja construir. A adesão a esses objetivos se materializa na assinatura deste documento, entendido como COMPROMISSO com o desenvolvimento de Tocantins por meio do crescimento sustentável dos municípios desta região.

COMPROMISSO COM A CONSTRUÇÃO DO FUTURO

Será necessário estabelecer uma agenda para o futuro da região e este deve contemplar uma orientação geral a ser apoiada pelos poderes municipais, estaduais e federais. De forma geral, elas podem ser sintetizadas nas seguintes ações:

- Fortalecer o Arranjo Produtivo Local de esmeraldas e remineralizadores de Monte Santo/TO;
- Promover um Estado Inclusivo e Inovador;
- Construir políticas públicas com o diálogo institucionalizado com a sociedade, da qual o projeto APLEREM-MS/TO - 2045 foi desenvolvido com apropriação do conhecimento da comunidade;
- Estabelecer parceria com especialistas e com instituições, visando os fins acima elencados.

PROPOSTAS ESPECÍFICAS

Tendo como referência as diretrizes acima expostas, foi elaborado um conjunto de cenários que se pretende construir por meio da transformação em ações. Para tanto ao longo do desenvolvimento do Projeto APLEREM-MS/TO-2045, iniciado em março de 2023, foram identificadas vinte e seis variáveis. Entre elas, dezenove configuram-se com maior motricidade. Dessas, dez (10) possuem maior relevância e urgência e estão elencadas a seguir.

FORÇAS MOTRIZES PRIORITÁRIAS

- Cooperativas de garimpeiros



- Associações minero-agrícola
- Instituição de rede de cooperação, aprendizagem, tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável do APLEREM-MS/TO
- Mais renda para os municípios
- Capacitação e informação por meio de utilização de workshop, vídeo aulas, e feiras
- Incentivo ao uso de subprodutos (remineralizadores) da extração de esmeraldas por produtores agrícola locais com projetos que alcancem várias comunidades
- Mais recurso para a extração dos minérios
- Instituição de programa de extensionismo tecnológico e mineral para cooperativas de garimpeiros e micro, pequena e médias empresas minero-agrícola de Monte Santo e entorno
- Pensamento criativo
- Aumento do conhecimento geológico dos recursos minerais em escalas que permitam definir viabilidade econômica

Para construir o cenário desejável, possível e realizável, duas ações se destacam:

- Planejar, estruturar e implementar a capacidade produtiva do APLEREM incentivando a economia circular da região (produção de esmeraldas e de remineralizadores);
- Incentivar a disposição dos produtos extraídos pela mineração de esmeraldas em diferentes pilhas de subprodutos.

Com essa visão, seguem algumas iniciativas a serem desenvolvidas, considerando as forças motrizes para a construção do cenário desejável, possível e realizável para evolução e desenvolvimento de APLEREM MS TO:

- (a) Implementar a Governança do APLEREM, onde as ações são previamente discutidas com os diversos segmentos da sociedade, privilegiando as efetivamente viáveis de serem executadas, com acompanhamento e avaliação permanentes e que colaboram para o bem-estar da sociedade e crescimento sustentável;
- (b) Fomentar o desenvolvimento e o fortalecimento do APLEREM-MS/TO, o que se traduz em uma das alavancas para o desenvolvimento da cadeia produtiva. Nessa linha, a governança do APL é institucionalizada com a criação de Comitê Diretivo Permanente para que as ações estratégicas definidas sejam implementadas, o qual deve ser composto por representantes de segmentos do setor público e da sociedade civil;
- (c) Ampliar investimentos em políticas de sustentabilidade para soluções rápidas e permanentes referentes ao uso dos recursos minerais em benefício da sociedade, melhorando as condições ambientais e socioeconômicas.
- (d) Implementar políticas públicas para que seja possível o engajamento das pessoas, gerando alterações positivas no contexto socioeconômico e ambiental do município;
- (e) Consolidar um processo efetivo, adequado e contínuo da propagação e divulgação das atividades produtivas do APLEREM, possibilitando a captação de novos investimentos e ampliando a importância da mineração e do setor agrícola do estado de Tocantins.

Esses objetivos devem ser perseguidos com a participação da sociedade civil, materializando-se em iniciativas e projetos inseridos nos planos de desenvolvimento de APLEREM MS TO para as próximas gestão municipal e estadual.



A partir deste conjunto de iniciativas, onde, coletivamente, foram elencados atores prioritários para a execução dessa empreitada, os quais estão em parte neste momento assumindo e assinando um COMPROMISSO de buscar meios para executar ações que contemplem o Plano de Governança do APLEREM, por meio de iniciativas que busquem o atingimento dos objetivos.

Assinam essa carta representantes das seguintes instituições:

Documento assinado digitalmente
gov.br SUZI MARIA DE CORDOVA HUFF THEODORO
Data: 21/05/2024 21:52:33-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Universidade de Brasília/ Coordenação do Projeto APLEREM-MS/TO

Documento assinado digitalmente
gov.br ELZIVIR AZEVEDO GUERRA
Data: 17/05/2024 12:48:49-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação/Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação/
Departamento de Programas de Inovação/Cordenação-Geral de Tecnologias Setoriais/Comitê
Temático Rede Brasileira de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral (MCTI/SETEC/DEPIN/CGTS/CT
RedeAPLmineral)

JAIME CAFE DE
SA:57569304187

Assinado digitalmente por JAIME CAFE DE SA:57569304187
DN: cn=JAIME CAFE DE SA:57569304187 o=ICP-Brasil
ou=Certificado P1-Ad
Motivo: Eu sou o autor deste documento
Local:
Data: 2024.05.27 10:20:21.00

Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins (SEAGRO)

Documento assinado digitalmente
gov.br MILTON NERIS DE SANTANA
Data: 29/05/2024 18:53:49-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Secretaria de Estado da Indústria e Comércio e Serviços

Companhia de Mineração do Tocantins (MINERATINS)

Documento assinado digitalmente
gov.br LINA ESTER BARBOSA RIBEIRO
Data: 28/05/2024 11:13:54-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Agência de Mineração do Estado do Tocantins (AMETO)

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCO ANTONIO MARTIN DA SILVA
Data: 03/06/2024 06:49:34-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Tocantins (FAPT)

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIA EULESSANDRA SOUSA CASTILHO
Data: 24/05/2024 11:04:16-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Instituto Prospectiva – INSPRO

Documento assinado digitalmente
gov.br CLARICE MIYACO OKANO KOBAYASHI
Data: 23/05/2024 08:30:53-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopergemas)

Assinado de forma digital por
COOPERATIVA DE MINERACAO
DOS GARIMPEIROS DE
MONTE SANTO 0192257600179
Data: 2024.06.24 14:05:40 -03'00'

Cooperativa dos Garimpeiros de Monte Santo (Coopersanto)

Assinado de forma digital por
JAIME GOMES
SIQUEIRA:25301543172
Data: 2024.06.17 17:32:59 -03'00'

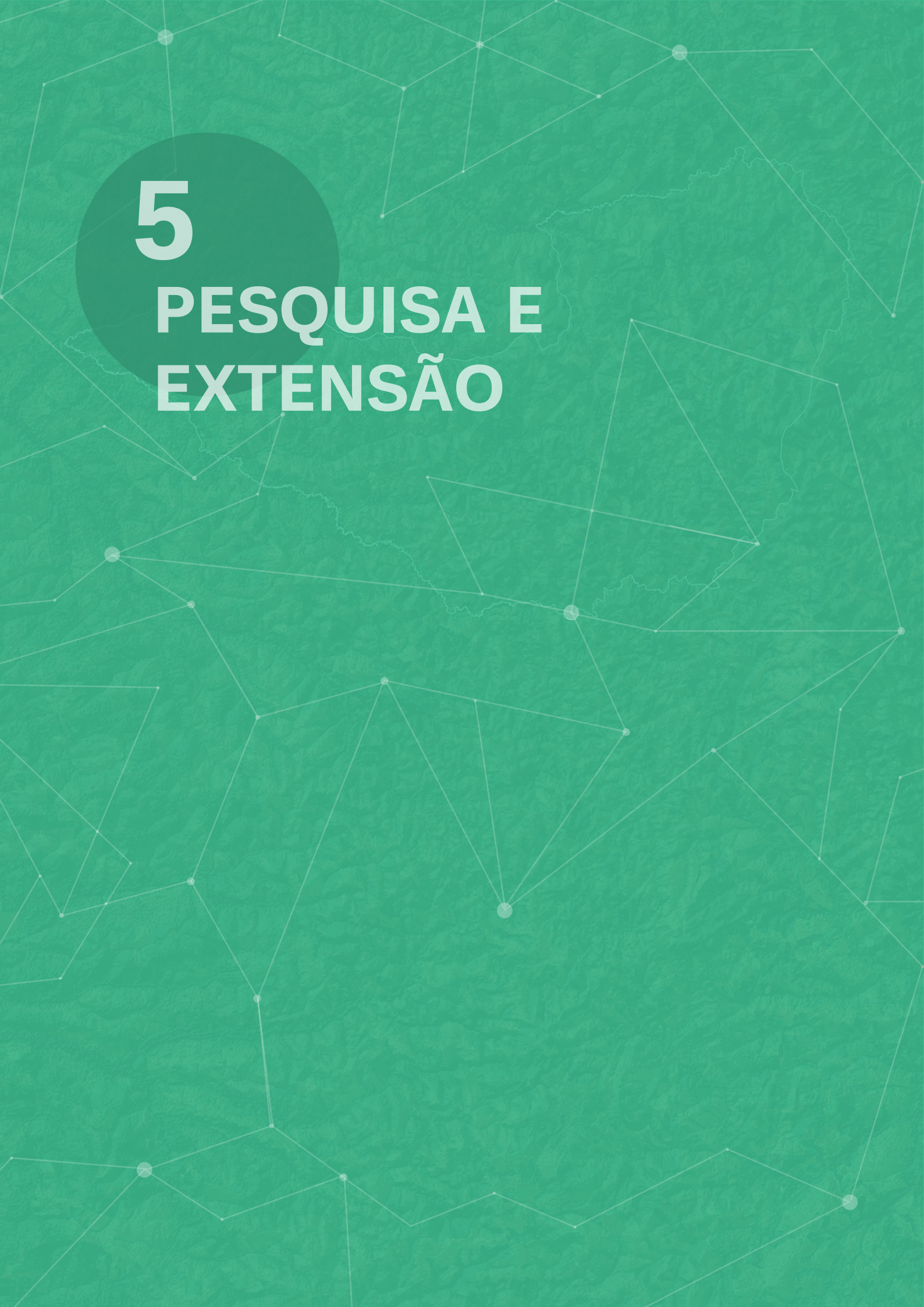
Cooperativa de Gemas e Metais Preciosos do Brasil (CGMB)

Documento assinado digitalmente
gov.br ESDRAS DE JESUS CARDOZO
Data: 26/06/2024 15:34:38-0300
Verifique em <https://validar.jti.gov.br>

ROM Mineração de Resultados.

Assinado de forma digital por IVACY
FONSECA DE BRITO
JUNIOR:01935708155
Data: 2024.06.28 17:29:52 -03'00'

IVACY FONSECA DE
BRITO
JUNIOR:01935708155



5

PESQUISA E EXTENSÃO

5.1

Perfil de consumo de insumos e fertilizantes em Tocantins

O consumo de fertilizantes no estado do Tocantins segue uma tendência crescente, alinhada com o aumento da produção agrícola na região. Conforme o site da Secretaria de Agricultura e Pecuária do Tocantins (SEAGRO), o Tocantins desponta atualmente como o “novo polo agrícola do Brasil”. Isso porque metade do território do estado possui potencial para a agricultura. São terras férteis, de valor competitivo no mercado e de topografia plana, o que favorece o processo de mecanização agrícola.

Sendo assim, no Tocantins, a expansão das áreas plantadas, especialmente com soja e milho, tem impulsionado a demanda por fertilizantes. Essa expansão agrícola naturalmente aumenta o consumo de fertilizantes para sustentar a produtividade.

Ainda conforme a SEAGRO, nos últimos dez anos, a produção de grãos teve um crescimento superior a 138% na área plantada e 159% na produção, evidenciando o avanço tecnológico nas propriedades. Hoje o Tocantins se destaca como o maior produtor de grãos da Região Norte do Brasil, sobretudo de soja, arroz, milho e feijão. As características e o perfil agrícola do Estado e as descrições e ocorrências, contidas na **Tabela 6**.

Tabela 6: Características do perfil agrícola do estado do Tocantins.

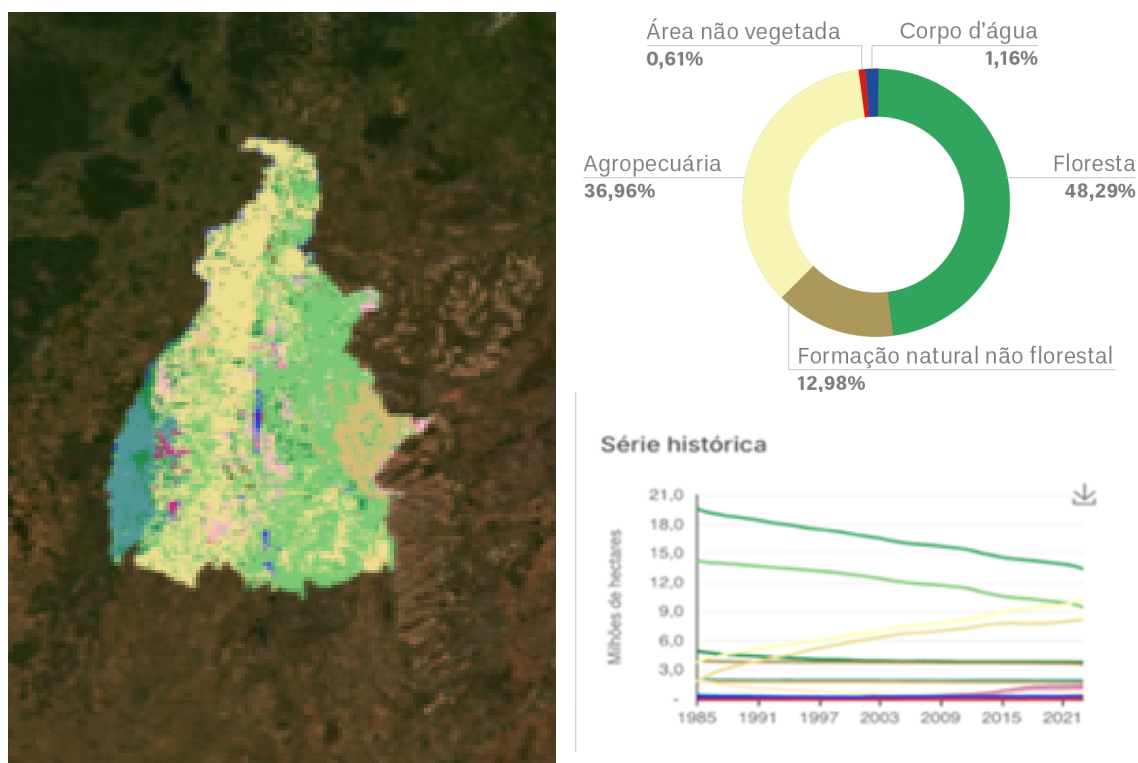
Aptidão agrícola	Descrição/ocorrência
Área com potencial agrícola	13.825.070 hectares (50,25% do território do Estado)
Clima	Tropical semiúmido, com períodos bem definidos de chuva e seca - maio a agosto o período seco e setembro a maio o chuvoso, sendo janeiro o mês mais chuvoso e agosto o mais seco.
Precipitações pluviais	Crescem do Sul para o Norte variando de 1500 mm a 1750 mm/ano; do Leste para o Oeste de 1300 mm a 2200 mm/ano.
Luminosidade	Cerca de 2.470 horas/ano.
Topografia	82% do território predominam os solos planos ou suavemente ondulados.
Ventos	Predominância de calmaria.
Água	Tocantins é cortado, em toda sua extensão, pela maior bacia de água doce inteiramente localizada em território brasileiro, a bacia formada pelos rios Tocantins e Araguaia (além de seus afluentes, todos perenes), o que facilita a irrigação nos períodos de estiagem. Por este fator, o Tocantins é um dos cinco estados brasileiros mais ricos em águas. Potencial para irrigação de cerca de 4.800.000 ha segundo o plano estadual de irrigação, 15% do potencial de áreas para irrigação do Brasil.

Fonte: SEAGRO, 2024.

O desenvolvimento da agricultura deve ter como base a sustentabilidade em suas diversas dimensões (econômica, ambiental, produtiva e social). Nesse aspecto, a expansão das lavouras, principalmente em áreas degradadas de pastagens, pode alavancar novos polos produtivos adaptados às condições locais. Importante registrar que o estado do Tocantins possui o menor índice de desmatamento da Região Norte. Segundo o MapBiomas, o Estado vem perdendo suas áreas florestais para implanta-

ção de lavouras, especialmente porque está inserido na região do MATOPIBA, que é um eixo de desenvolvimento do setor do agronegócio. A **Figura 26** destaca o estado do Tocantins e exibe os dados mais gerais sobre uso e cobertura da terra.

Figura 26: Uso e cobertura da terra no estado do Tocantins.



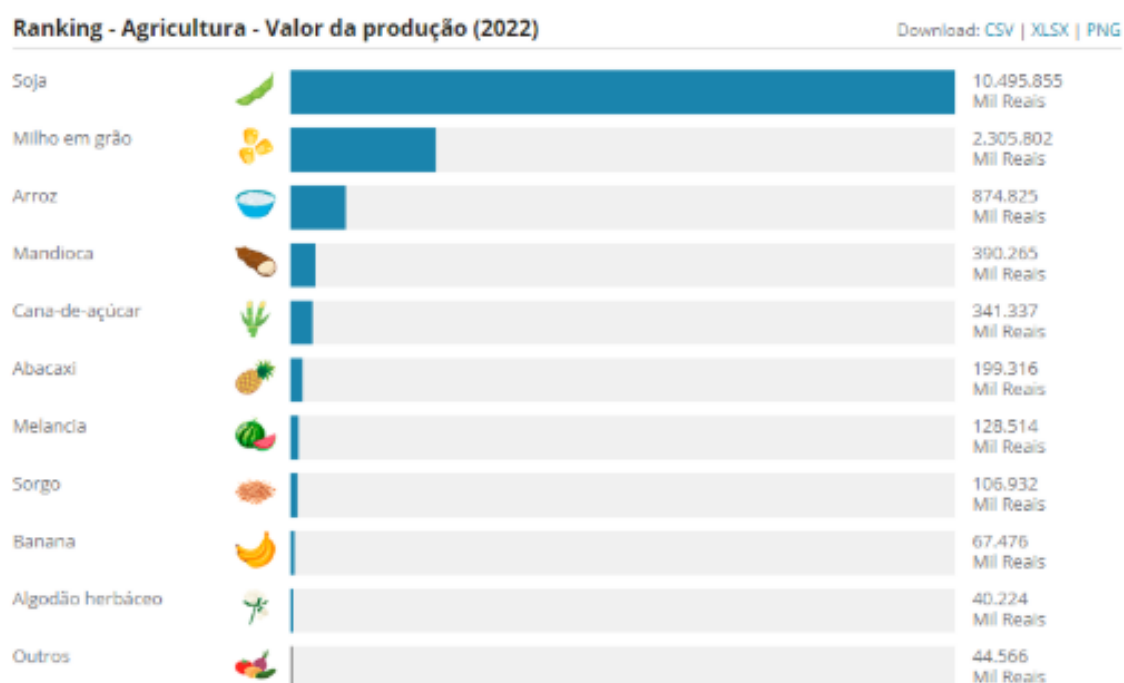
Fonte: Equipe do projeto, com base em MapBiomias (<https://brasil.mapbiomas.org/>).

Tendo em mente essas informações, as ações de planejamento, no âmbito do estado, ficam mais fortalecidas. A caracterização das áreas permite que os agricultores definam as condições necessárias, assim como os tipos de insumos, práticas e fertilizantes que serão utilizados para gerar resultados financeiros e de mão de obra efetivos em todas as etapas de manejo.

Conforme definido pela SEAGRO, as expectativas para safra nos anos de 2022/2023 é de que o Tocantins alcance uma área plantada de 1,9

milhões de ha, obtendo um aumento de 8,4%, com relação à safra passada. Já para esta safra a expectativa é de bater novo recorde: aumento de 3,8 %, saindo de 6,58 milhões (6,567) para 6,81 milhões (6,816). O estado é terceiro maior produtor de arroz irrigado do Brasil com uma produção de 550 mil toneladas na última safra (2021/2022). Os registros em dados públicos confirmam ainda as principais culturas cultivadas no Estado, conforme **Figura 27**.

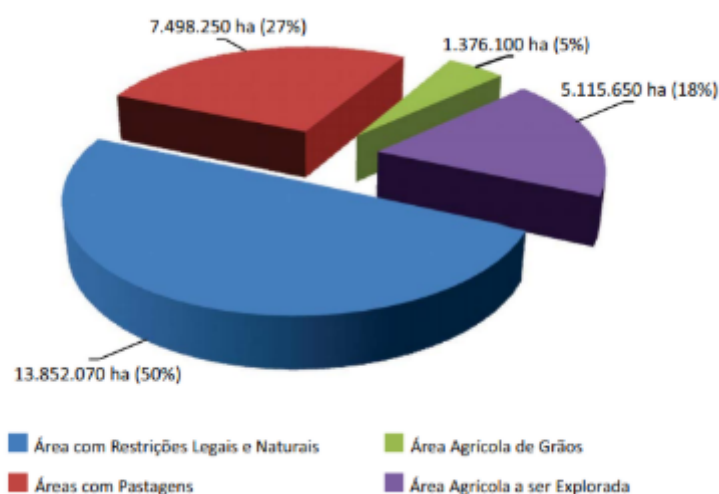
Figura 27: Produção agropecuária do Tocantins.



Fonte: IBGE, 2022.

De acordo com Fragoso (2022), sobre o potencial para a expansão da agricultura no estado do Tocantins, a extensão territorial do estado do Tocantins é cerca de 27,8 milhões de hectares dos quais aproximadamente 50%, ou seja, 13.852.070 ha, tem potencial para produção agropecuária, incluindo as áreas que apresentam restrições naturais e as que são legalmente protegidas, conforme pode ser visualizado na **Figura 28**.

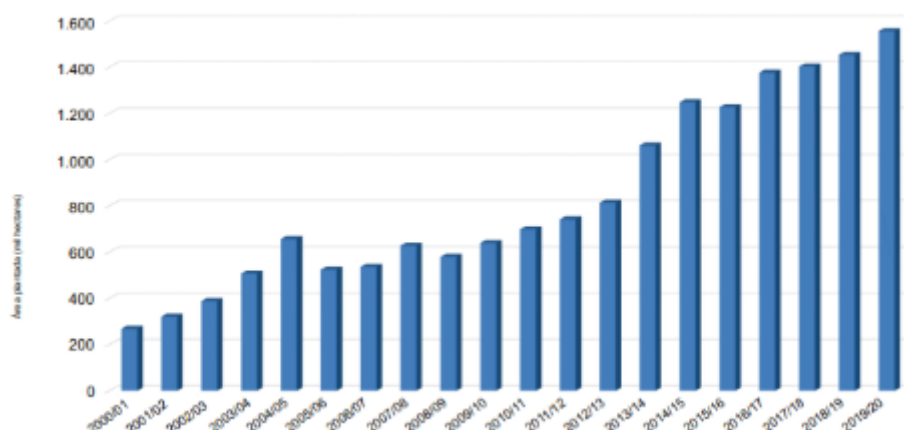
Figura 28: Áreas (ha) com potencial para atividades agrícolas no estado do Tocantins.



Fonte: Fragoso (2022).

Ainda conforme Fragoso (2022), o estado do Tocantins, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), é o maior produtor de grãos da Região Norte do país com uma produção de aproximadamente 5,6 milhões de toneladas e com uma área plantada de grãos de 1,5 milhões de ha, na safra 2019/2020. Além disso, considera-se que a área plantada para a produção de grãos no Tocantins encontra-se em crescimento linear, sendo que, nos últimos 20 anos (safra 2000/01 - 2019/20), a área plantada saiu de menos de 300 mil hectares para 1,5 milhões de hectares, refletindo um crescimento de mais de 400% no período, conforme é apresentado na **Figura 29**.

Figura 29: Evolução histórica de área plantada (mil ha) de grãos no estado do Tocantins.



Fonte: CONAB (2020).

O estado do Tocantins possui uma grande representatividade no que se refere à área plantada, produtividade e produção de grãos em relação à Região Norte. Na safra 2019/20, a área plantada de grãos do estado correspondeu a cerca de 50% da área plantada de grãos da região Norte. Nesta safra, o Tocantins produziu aproximadamente a metade dos grãos relativos à Região Norte e a produtividade média de grãos estadual (3.507 kg.ha^{-1}) superou em cerca de 4% a média da região, que foi de 3.375 kg.ha^{-1} (CONAB, 2020). Isso corresponde ao aumento de demanda por insumos e fertilizantes proporcional ao crescimento desse consumo (Nitrogenados; Fosfatados, Potássicos e corretivos de solo, como a calagem).

A Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia (NPCT), que é uma empresa dedicada a desenvolver e promover informações sobre o manejo responsável dos nutrientes das plantas, apresentou dados que percorreram os anos de 2011 a 2017, no que tange o consumo de fertilizantes (em 1.000 toneladas métricas), por região do país, bem como de nutrientes e natureza física. Estes são os dados mais recentes sobre o tipo de pesquisa realizado, conforme pode ser visto na **Tabela 7**.

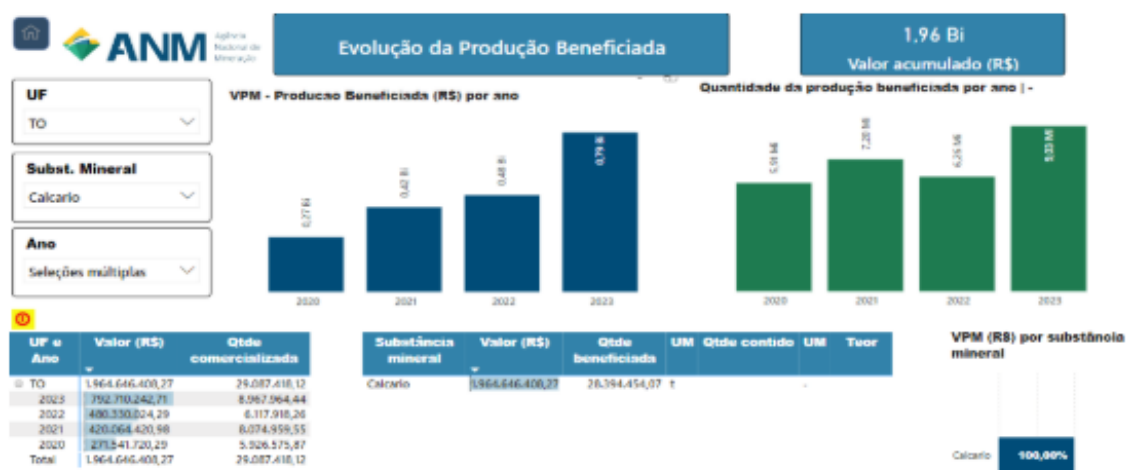
Tabela 7: Consumo de fertilizantes no estado do Tocantins.

Consumo, em 1.000 toneladas métricas	
2011	276.755
2012	390.140
2013	477.067
2014	558.562
2015	602.524
2016	589.587
2017	618.331

Fonte: NPCT, 2024.

Observa-se que, devido à crescente expansão das atividades agrícolas no estado e à alta demanda por insumos e fertilizantes, a atividade mine-
rária tem se intensificado, especialmente na produção de calcário. Essa
demanda crescente por calcário tem impulsionado o desenvolvimento
socioeconômico e regional, evidenciando a importância do setor para o
progresso da região. Na **Figura 30**, extraída do Anuário Mineral do Brasil
(AMB), é possível ver os registros da produção estadual, saltou de 7,2
milhões de toneladas beneficiadas em 2021 para 9,03 milhões em 2023,
demonstrando seu crescimento.

Figura 30: Evolução da produção beneficiada.



Fonte: AMB (ANM), 2024.

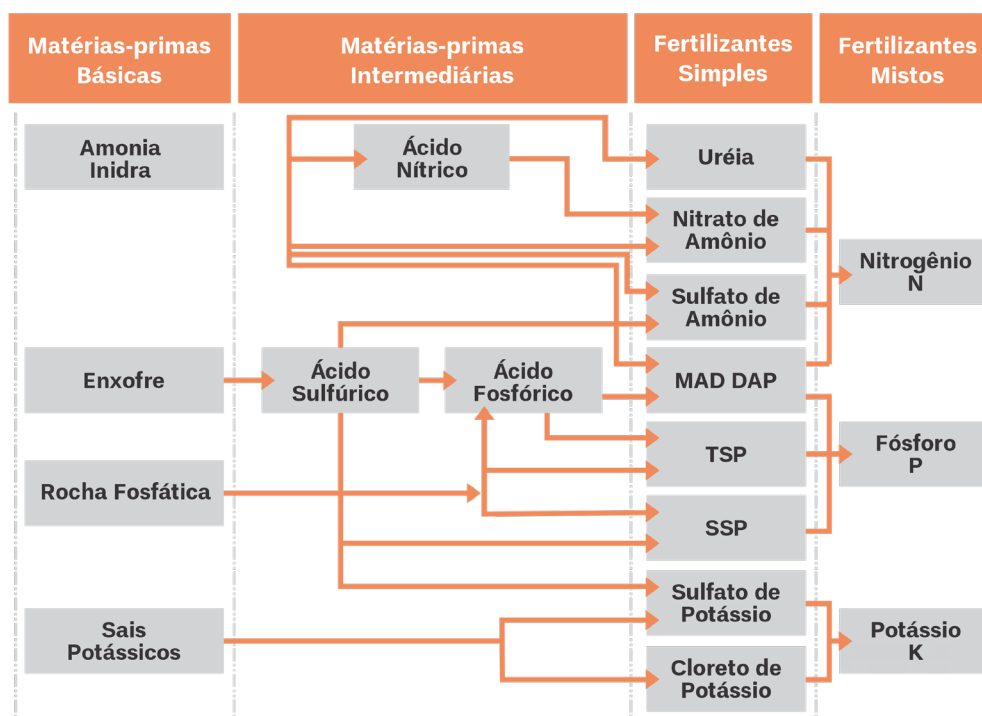
A cadeia produtiva dos remineralizadores

Em se considerando a realidade apresentada sobre a produção e demanda de fertilizantes do estado do Tocantins, faz-se necessário abordar as possibilidades dadas pelo uso dos remineralizadores de solo, que foi um dos objetivos do projeto de pesquisa que originou este livro.

A grande maioria dos fertilizantes, sejam eles sintéticos ou naturais, se origina de vários tipos de rochas (sedimentares, ígneas ou metamórficas), as quais possuem características mineralógicas, químicas e gêneses distintas. Mas somente podem se converter em adubos se forem ricos em nutrientes essenciais como potássio (K) e fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), sílica (Si) e mais uma série de elementos considerados micronutrientes, os quais são necessários para o desenvolvimento de plantas saudáveis e com qualidade nutricional.

Os fertilizantes solúveis (sintéticos ou convencionais) são produzidos a partir de rochas fosfáticas e evaporíticas com altas concentrações de P e K, respectivamente. O nitrogênio (N), também de origem mineral, é obtido a partir do gás natural. Para sua obtenção destes insumos utiliza-se ácido sulfúrico, fosfórico e da amônia anidra, entre outros. A cadeia de produção desses insumos pode ser vista na **Figura 31**.

Figura 31: Cadeia de produção simplificada dos fertilizantes solúveis (NPK).



Fonte: Ribeiro (2017).

O alto consumo e a produção relativamente pequena colocam o Brasil em uma posição de dependência do mercado internacional. Apesar desse cenário, há outras possibilidades para diminuir a dependência por insumos que sustentam uma cadeia agroindustrial extremamente forte e que produz uma ampla gama de mercadorias (commodities).

Mas como mudar um padrão (modelo) que aparentemente funciona e contribui para assegurar superávit para o Brasil? Existem várias opções. A primeira, e mais fácil, é usar os adubos de forma mais parcimoniosa e eficiente, conhecendo as necessidades e especificidades dos solos e das culturas que se deseja produzir (desde a soja até a mandioca, passando pelo milho, feijão etc.). Ampliar e apoiar a produção interna dos fertilizantes (de reservas menores), bem como ampliar o uso de novas fontes, processos e produtos derivados dos recursos geológicos, amplamente disponíveis no país.

Uma das opções são os remineralizadores (REMs) de solos (tecnologia da rochagem), que prevê que o uso de determinados tipos de rochas moídas (cominuídas) têm a capacidade de oferecer a maior parte dos nutrientes que as plantas precisam para o seu pleno desenvolvimento. Também, os bioinsumos configuram-se como outra possibilidade para atender à demanda da agricultura brasileira. Essas duas rotas já estão regulamentadas em normas específicas, que definem suas características e mecanismos de controle

5.2

Caracterização das rochas estudadas na região do garimpo

Para a realização da pesquisa utilizou-se de dados secundários, particularmente dados geoespaciais para identificação e correlação das rochas com potencial para uso agrícola, a partir de elementos oriundos de banco de dados públicos. Os dados foram processados e analisados com auxílio do *software ArcGIS (Esri)*, versão 10.8.1. Também foram utilizados dados vetoriais de litologia, localidades, limites administrativos, entre outros, adquiridos no sítio eletrônico do GeoSGB (<https://geosgb.cprm.gov.br/>), que é uma plataforma de geociências do Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, bem como de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://downloads.ibge.gov.br/>). Tais dados estão disponíveis para livre acesso ao público.

A seleção dos materiais a serem estudados foi feita a partir da análise direta de amostras coletadas no contexto geológico que corresponde às áreas onde as cooperativas do garimpo de esmeraldas praticam suas atividades minerárias. Na fase pré-campo, foi efetuado um levantamento de informações relacionadas aos aspectos geoambientais da região, a partir de dados secundários sobre a geodiversidade do estado de Tocantins, particularmente no município de Monte Santo do Tocantins (TO). Foi feita uma seleção de áreas de interesse, onde se considerou a distribuição geoespacial da litologia com potencial para uso como remineralizadores de solo, conforme previsto na Lei nº 12.890/2013 e na Instrução Normativa nº 05/2016, do MAPA (Brasil, 2013; Brasil/MAPA, 2016). Paralelamente buscou-se informações acerca da mineralogia e/ou aspectos de litoquímica, em especial: teores de quartzo e dos elementos químicos que compõem a soma de bases (CaO, MgO e K₂O), das rochas previamente selecionadas. Nesta etapa, o Mapa Geológico e de Recursos Minerais do estado do Tocantins, realizados em escala 1:500.000 (CPRM, 2022), e o mapa sobre o potencial agromineral de To-

cantins (Embrapa-CPRM, 2019) foram fontes fundamentais. A somatória dos dados obtidos permitiu a elaboração de um diagnóstico preliminar, na escala 1:250.000, acerca dos principais litotipos que compõem a geologia regional.

Foi feita uma amostragem representativa de minerais e rochas da jazida minerada pelas cooperativas. Nessa fase de campo, foram visitados pontos pré-selecionados, que, de modo geral, estão localizados em áreas de garimpo de esmeraldas, sob o controle de cooperativas, no regime de Permissão de Lavras Garimpeiras (PLG). A interação com os garimpeiros foi importante para facilitar o entendimento da dinâmica de exploração das esmeraldas e para compreender aspectos relativos à legislação específica do regime PLG. Nessa fase, ocorreu a coleta de amostras que representam materiais com maior potencial para uso como remineralizador de solo. A **Figura 32** mostra registros dessa atividade.

Figura 32: Amostragem representativa das rochas presentes nas regiões do garimpo de Monte Santo do Tocantins; participação da equipe do projeto e de parceiros (UFRJ).



Fonte: Equipe do projeto.

De um total de 20 amostras coletadas, selecionou-se oito, que foram encaminhadas para realização de ensaios laboratoriais, com a finalidade

de caracterizar a geoquímica e mineralogia dos materiais. As amostras foram moídas (cominuídas) e os parâmetros analisados consideraram as especificações e garantias mínimas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, conforme descrito na Instrução Normativa N° 5, de 10 de março de 2016. Essas especificações incluem parâmetros como teor de sílica livre (equivalente ao mineral quartzoSiO_2), potencial hidrogeniônico (pH) de abrasão, soma de base ($\text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}$), teores de macro (e.g., K, P) e micronutrientes (e.g., Si, Fe, Mn), elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Hg e Pb), e especificações relacionadas à natureza física do produto (tamanho do grão).

Para a descrição petrográfica, incluindo determinação do teor de sílica livre e observação de texturas e microestruturas que facilitam o entendimento sobre o intemperismo das rochas, foram confeccionadas seções delgadas (tamanho 5,5 x 2,5 cm), analisadas em microscópio petrográfico Zeiss Scope.A1. As análises modais incluíram a contagem de 500 pontos distribuídos regularmente com auxílio de um charriot de passo acoplado ao microscópio.

Para especificação de natureza física/análise granulométrica, foi aplicada a metodologia ABNT NBR 7181 de 09/2016, utilizando as peneiras 4,75 mm (ABNT n° 4); 2,36 mm (ABNT n° 7); 2,00 mm (ABNT n° 10); 0,85 mm (ABNT n° 20); 0,30 mm (ABNT n° 50) e balança de precisão. A análise do pH de abrasão de cada amostra utilizou-se de um medidor de pH de bolso AKSO AK-90 (resolução de 0,1; exatidão de $\pm 0,1$). A análise seguiu o método proposto por Grant (1969).

A análise geoquímica foi realizada no Laboratório de Isótopos Estáveis (LABISE) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), objetivando a semi-quantificação dos elementos (macro, micronutrientes e outros).

Para essas análises, foi utilizado um espectrômetro de fluorescência de raios-X Rigaku modelo ZSX Primus II, equipado com tubo de Rh e 7 cristais analisadores. Após o quarteamento manual, as amostras secaram em estufa a 110°C. Porções das amostras secas foram prensadas em cápsula de alumínio com 30 toneladas de força.

Os elementos potencialmente tóxicos – Arsênio (As), Chumbo (Pb) e Cádmio (Cd) – foram analisados pelo método de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) Method 200.7; e Mercúrio (Hg) foi analisado com o Analisador Direto de Mercúrio – DMA / US EPA Method 7473-3. Os resultados referentes a este estudo estão disponíveis no artigo “Remineralizadores derivados de co-produtos da exploração de esmeraldas em Monte Santo-TO”, submetido à revista Geologia USP Série Científica. Para além desses estudos, e a partir da seleção das rochas com melhor aptidão, foram realizados ensaios em colunas de lixiviação e em casa de vegetação, conforme descrito a seguir.

5.3

Experimentos em colunas de lixiviação, vasos e campo

Experimentos Agronômicos

Para o cumprimento dessa etapa, foi necessário transportar alguns tipos de rochas disponíveis nas áreas identificadas nas fases anteriores para que fossem moídas na granulometria adequada. O processo de moagem foi feito no laboratório de preparo de amostras da Universidade de Brasília. Deve ser esclarecido que o estudo para averiguar a adequação agrônômica seria feito em parceria com a Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), mas por dificuldades de tempo do professor responsável pelo estudo, a coordenação do projeto optou por realizar os experimentos em Brasília, em uma estufa na área da Estação Experimental de Biologia da UnB (EEB/UnB). Adicionalmente, foi importante, do ponto de vista metodológico, utilizar os mesmos tratamentos considerados nos estudos efetuados nas colunas de lixiviação.

1 Ensaio Agronômico

Para avaliar a eficiência agrônômica da rocha derivada do garimpo de sequestro, a mesma foi incluída em uma pesquisa conduzida pelo grupo da Rochagem que busca averiguar os efeitos agrônômicos dos pós de rocha e a sua capacidade de captura de carbono. Os experimentos ocorrem em condições controladas (estufas) na Estação Experimental de Biologia da UnB (EEB). O ensaio agrícola seguiu indicações do protocolo agrônômico recomendado pelo MAPA, para experimentos em casa de vegetação.

Para a implementação dos experimentos, foram separados 84 vasos (6 L), os quais foram preenchidos com cinco kg de Latossolo Vermelho Distrófico (típico do bioma Cerrado), previamente homo-

geneizados e secos ao ar. A porção utilizada foi a passante em peneira de 2 mm de abertura. uma amostra desse solo foi coletada para análise química de rotina (DONAGEMA et al., 2011). Optou-se em seguir com os mesmos tratamentos utilizados nos experimentos conduzidos em Colunas de Lixiviação (mostrado mais adiante), o que equivale dizer que foram 21 tratamentos com quatro repetições.

Figura 33: Estufa utilizada nos experimentos agrônômicos (Estação Experimental de Biologia da UnB).



Fonte: Equipe do projeto.

2 Solo

Cada unidade experimental (vaso) foi preenchida com 6 kg de Latossolo Vermelho Distrófico (típico do bioma Cerrado). Após ser coletado e homogeneizado, foi secado ao ar e passado em peneira de

2 mm de abertura. Foi efetuada uma análise para a quantificação inicial do carbono total presente no solo, realizada por via úmida, por meio da oxidação da matéria orgânica a CO₂ por íons dicromato, em meio fortemente ácido (Mendonça e Matos, 2017). A caracterização química foi efetuada utilizando-se a metodologia proposta por Silva (2009), onde os teores disponíveis de Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ são determinados após extração em solução de KCl 1 mol.

3 Composto Orgânico

Como fonte de inóculos de microrganismos e produção de ácidos orgânicos para ampliar o processo de disponibilização de nutrientes, foi utilizado esterco bovino. O material foi adquirido na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília, e foi previamente preparado para uso no experimento, semi-curtido e homogeneizado. Para a caracterização química desse material, foi coletada uma amostra composta, a qual foi acondicionada em sacos de papel e colocada em estufa (65 °C) de circulação forçada de ar por 72h. Após a secagem o material foi pesado, moído, acondicionado em sacos de polietileno devidamente identificados. O material foi submetido à digestão nitroperclórica e os teores dos nutrientes foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (Ca, Mg, Al e microelementos), espectrometria de absorção molecular (P e S) e fotometria de chama (K) segundo Silva (2009) (**Tabela 8**).

Tabela 8: Composição do esterco utilizado no experimento piloto. Parâmetros analisados pelo método descrito na IN-SDA nº 003/2017 - MAPA (2017).

pH	7,84
Umidade (a 65 °C)	7,5
COT	20,4
N	1,42
K ₂ O	1,1
P ₂ O ₅	<1
Ca	1,07
Mg	1,07
S	<1,0
Fe	1,9
MO	35,2
Relação C/N	14,37
Ácidos Húmicos	4,29
Ácidos Fúlvicos	5,84

Fonte: Este projeto.

4 Rochas

Foram testadas cinco rochas de diferentes das cinco regiões brasileiras, três das quais já possuem registro como remineralizadores no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A **Tabela 9** apresenta a composição química das rochas utilizadas mostrando sua adequação quanto à soma de bases e os teores de Elementos Potencialmente Tóxicos.

Tabela 9: Resultados de análises de macronutrientes presentes nos remineralizadores no experimento. Amostras analisadas por Fluorescência de Raios X (FRX) pela SGSGeosol e Reminera Brasil.

	Basalto *	Kamafugito **	Calcoxisto ***	Biotita-acti- nolita Xisto @	Gnaiss Hidrotermal- izado &
SiO ₂	56,8	32,9	46,4	47,91	60,8
Al ₂ O ₃	14,4	8,79	9,75	8,52	13,30
Fe ₂ O ₃	9,8	12,6	5,02	2,79	6,82
K ₂ O	2,5	3,57	2,93	2,71	3,93
MgO	3,91	7,18	7,36	15,33	3,99
CaO	6,92	12,6	11,4	9,34	4,46
P ₂ O ₅	0,27	1,17	0,109	0,09	0,26
Na ₂ O	2,68	<0,1	0,56	1,27	0,65
TiO ₂	1,29	1,42	0,6	-	0,54

Fonte: *Theodoro et al, 2020; **Theodoro, 2000; ***Theodoro e Leonardos (2015); @Essa pesquisa e &Medeiros (2016).

5 Delineamento (Tratamento)

O delineamento experimental teve os seguintes tratamentos:

Tabela 10: Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Legenda
S	Solo (controle)
S + CO	Solo + Composto orgânico (controle)
S + NPK	Solo + NPK (controle)
S + R1 (10)	Solo + Basalto
S + R2 (10)	Solo + Kama fugito
S + R3 (10)	Solo + Calcoxisto
S + R4 (10)	Solo + Biotita-Xisto
S + R1 (20)	Solo + Basalto
S + R2 (20)	Solo + Kama fugito
S + R3 (20)	Solo + Calcoxisto
S + R4 (20)	Solo + Biotita-Xisto
S + R5 (20)	Solo + Rx hidrotermalizada
S + R1 + CO (10)	Solo + Basalto + Composto orgânico
S + R2 + CO (10)	Solo + Kama fugito + Composto orgânico
S + R3 + CO (10)	Solo + Calcoxisto + Composto orgânico
S + R4 + CO (10)	Solo + Biotita-Xisto + Composto orgânico
S + R1 + CO (20)	Solo + Basalto + Composto orgânico
S + R2 + CO (20)	Solo + Kama fugito + Composto orgânico
S + R3 + CO (20)	Solo + Calcoxisto + Composto orgânico
S + R4 + CO (20)	Solo + Biotita-Xisto + Composto orgânico
S + R5 + CO (20)	Solo + Rx hidrotermalizada + Composto orgânico

Fonte: Este projeto.

Os vasos foram distribuídos de forma aleatória nas bancadas. Para os diferentes tratamentos, foram adicionadas duas dosagens de pós de rochas. Em uma adicionou-se o equivalente a 20 t.ha⁻¹ (que corresponde a 50 g de cada rocha) e 10 t.ha⁻¹ (25 g de cada rocha) ao solo. Foi adicionado também 100 g (equivalente a 40 t.ha⁻¹) e 50 g (equivalente a 20 t.ha⁻¹) de esterco bovino. É possível ver a adição dos materiais antes da mistura ao solo (**Figura 34**).

Foram testadas 3 (três) culturas agrícolas na forma rotativa. Inicialmente, foi utilizada a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Foram plantadas três sementes por vaso e após a germinação, foi feito um raleio, deixando somente uma planta por vaso. O ciclo da cultura é de cerca de 90 dias, porém para efeitos de sistematização dos dados, optou-se em interromper o ciclo aos 60 dias (período de florescência) para efetuar o peso da massa fresca (MF) e o peso da massa seca (MS). Para amenizar a necessidade de irrigação, foi adicionada uma cobertura de papelada (matéria orgânica seca) sobre o solo. A **Figura 34**, ainda, também mostra o período de desenvolvimento dessa cultura e a **Figura 35** mostra o processo de coleta e pesagem das plantas.

Na sequência foi instalada a cultura da rúcula (*Eruca vesicaria*), que possui um ciclo extremamente rápido, cerca de 40 dias. O objetivo de inserir essa cultura no sistema rotativo deve-se a sua adaptabilidade a diferentes perfis de fertilidade dos solos e ao clima, geralmente mais frio e seco do Cerrado brasileiro. Foram adicionadas cerca de 15 sementes por vaso. Após a germinação, foi feito um raleio mantendo somente 6 plantas em cada vaso. O período de plantio à colheita foi de 42 dias. Foi quantificada a parte aérea e pesado o valor da massa fresca e massa seca. As plantas foram colhidas, lavadas, pesadas e acondicionadas em sacos de

papel para o processo de secagem em estufa a 60°, por 24 horas. A **Figura 36** mostra o início e o final da cultura. Foi quantificada a parte aérea e pesado o valor da massa fresca e massa seca.

A terceira cultura a ser inserida no sistema foi a cenoura da cultivar Brasília (*Daucus carota L*), que encontra-se em fase de avaliação, mas que pode ser vista ao longo do período de desenvolvimento, na **Figura 37**. foram adicionadas 20 sementes por vaso e após a germinação e primeiros dias de desenvolvimento (30 dias) foi feito um desbaste, deixando somente três plantas em cada vaso. É uma planta extremamente exigente em água. O controle de doenças (queima de folhas e traças) foi feito com fumo e calda bordaleza. As plantas foram colhidas 120 dias após o plantio. As três plantas de cada vaso foram colhidas, lavadas e acondicionadas em sacos plásticos. Posteriormente, as plantas foram trituradas e armazenadas em sacos de papel e dispostas para secagem em estufa 60°C. Após esse processo, o material será enviado para análise de conteúdo nutricional, a fim de se avaliar se diferentes tipos de rochas, misturadas ou não com uma fonte orgânica - esterco bovino, podem interferir ou contribuir com o seu perfil nutricional. Este dado poderá dar indicações sobre o papel dos remineralizadores na busca por práticas que favoreçam a segurança nutricional de alimentos.

Assim que a fase de testes em vaso for finalizada, o solo será coletado para avaliação de mudanças nos níveis de fertilidade que possam ter ocorrido ao longo desse período. Serão avaliadas as seguintes variáveis/parâmetros: (i) teores dos seguintes nutrientes no solo: pH em água e em CaCl₂; Matéria Orgânica; Fósforo; Potássio; Enxofre; Cálcio; Magnésio; Alumínio; Acidez Potencial; CTC; %V; %m; relação Ca/Mg; Ca/K; Mg/K; Ca/CTC; Mg/CTC; K/CTC; H+Al/T; Na/CTC e os seguintes micronutrien-

tes: Boro; Zinco; Ferro; Manganês e Cobre; (ii) classificação de granulometria e percentual de areia, silte e argila no solo.

Os dados relativos à quantificação das medições de peso (Massa Fresca e Massa Seca) serão tratados no *software SpeedStat* (Carvalho et al. 2022). Todos os dados serão publicados em um artigo que deverá abordar a questão do uso dos REM e a segurança alimentar e nutricional.

Figura 34: Mistura de solo, rocha e esterco nos vasos para experimento agrônômico e diferentes estágios da cultura do feijão para avaliar o seu desempenho agrônômico.



Fonte: Equipe do projeto.

Figura 35: Coleta e pesagem das plantas de feijão para quantificar MV e MS.



Fonte: Equipe do projeto.

Figura 36: Diferentes estágios da cultura da rúcula para avaliar o seu desempenho agrônômico.



Fonte: Este projeto.

Figura 37: Diferentes estágios da cultura da cenoura para avaliar o seu desenvolvimento.



Fonte: Equipe do projeto.

Colunas de Lixiviação

Como parte da pesquisa, todas as cinco rochas também foram analisadas em colunas de lixiviação para aferir o potencial de enquadramento dos remineralizadores (REM) como materiais aptos à captura de CO₂.

1 Delineamento do experimento

O experimento contou com 84 conjuntos compostos por um depósito de água na parte superior, ligado por um circuito hidráulico que permite que a água percole o solo e suas misturas em colunas (tubo de PVC). A água é drenada e escoada por um circuito que permite que o fluxo seja posteriormente coletado em frascos inferiores (**Figura 38**). Os materiais utilizados no experimento foram os seguintes:

1. Um reservatório de água deionizada (400ml);
2. Circuito hidráulico com controlador de fluxo (equipo);
3. Tampa superior;
4. Tubo de malha PVC de 25 cm e diâmetro de 100 mm;
5. Malha de nylon e papel de filtro e um recipiente com a função de receber e dirigir o líquido lixiviado (tampa inferior);
6. Circuito hidráulico simples sem controlador;
7. Reservatório de água lixiviada.

Figura 38: Visão geral do experimento que mostra o circuito de percolação de água em colunas de lixiviação.



Fonte: Equipe do projeto.

Foram utilizados o equivalente a 10 t.ha⁻¹ e 20 t.ha⁻¹ de cada uma das cinco rochas testadas, onde R1(Basalto); R2 (kamafugito); R3 (Calcoxisto); R4 (Biotita actinolita xisto) e R5 (Gnaiss hidrotermalizado). A primeira rocha foi obtida no Rio Grande do Sul (Incopel Mineração), a segunda em Minas Gerais (Mineração Triunfo), a terceira de Goiás (Mistel Mineração), a quarta em Tocantins (subproduto da frente de lavra do garimpo da Coopergemas) e a quinta na Bahia (Ipirá Mineração). Foram 21 tratamentos com quatro repetições, onde S: solo puro (controle); R: REM e CO: Composto orgânico (esterco bovino- controle) e NPK (fertilizante solúvel – controle). As dosagens dos componentes utilizados ocorreram nas seguintes proporções: 1,5 kg de solo; duas doses 10 e 20 t ha⁻¹ de cada pó de rocha e 60g de esterco bovino (equivalente a 60 t ha⁻¹).

O estudo do potencial de captura da rocha derivada da região de Monte Santo do Tocantins fez parte de um estudo mais amplo que buscou averiguar o potencial de rochas disponíveis em diferentes regiões do país,

com distintas origens, gêneses e conformação mineralógica. Em comum, todas atendiam as condicionantes estabelecidas na IN 05/2016 – MAPA, quanto à soma de bases (K_2O , CaO , MgO) $>9\%$, quantidade de SiO_2 (na forma de quartzo) $< 25\%$ e atendimento os limites estabelecidos para os Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs).

Os solos, compostos orgânicos e rochas foram as mesmas utilizadas nos experimentos agronômicos. Cada unidade experimental (Coluna) foi preenchida com 1,5 kg de Latossolo Vermelho Distrófico (típico do bioma Cerrado). Após ser coletado e homogeneizado, foi secado ao ar e passado em peneira de 2 mm de abertura. Foi efetuada uma análise para a quantificação inicial do carbono total presente no solo, realizada por via úmida, por meio da oxidação da matéria orgânica a CO_2 por íons dicromato, em meio fortemente ácido (Mendonça e Matos, 2017). A caracterização química foi efetuada utilizando-se a metodologia proposta por Silva (2009), onde os teores disponíveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} são determinados após extração em solução de KCl 1 mol.

2 Água

A aplicação de água deionizada foi realizada em sistema de gotejamento de fluxo contínuo intercalado com fluxo estacionado durante os quatro meses. Para obter a capacidade de campo do solo, foram adicionados 800 ml de água, equivalente ao volume médio de chuvas de um mês na região do cerrado brasileiro. A aplicação desse volume de água foi feita por gotejamento, em duas etapas de 400ml cada, até a saturação completa do solo, durante quatro dias. A primeira coleta do lixiviado foi enviada para análise. Posteriormente, a

cada semana, foram adicionados 100 ml de água deionizada (400 ml por mês). Todo conteúdo que percolou através da coluna foi coletado e armazenado em temperatura de 3,3°C e enviado para análises.

3 Variáveis analisadas

As amostras foram analisadas segundo as Normas Técnicas Brasileiras para cada parâmetro. As análises do lixiviado quanto aos elementos químicos, pH e condutividade elétrica foram efetuadas mensalmente. As análises químicas e físicas de solo foram realizadas ao final do experimento. Foram avaliadas as seguintes variáveis/parâmetros:

1. Parâmetros Químicos no lixiviado - K, P, Ca, Mg, S, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, carbono total e carbono orgânico e acidez total;
2. pH e condutividade elétrica do lixiviado;
3. Teores dos seguintes nutrientes no solo: pH em água e em CaCl_2 ; Matéria Orgânica; Fósforo; Potássio; Enxofre; Cálcio; Magnésio; Alumínio; Acidez Potencial; CTC; %V; %m; relação Ca/Mg; Ca/K; Mg/K; Ca/CTC; Mg/CTC; K/CTC; H^+/Al^3+ ; Na/CTC e os seguintes micronutrientes: Boro; Zinco; Ferro; Manganês e Cobre;
4. Classificação de granulometria e percentual de areia, silte e argila.

4 Tratamento estatístico

Foi utilizado o programa estatístico SPEEDStat (CARVALHO et al. 2022). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelos testes de Tukey e de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro α . Previamente as condições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e presença de outliers foram verificadas pelos testes de Jarque-Bera, Levene-Brown-Forsythe e ESD generalizado, respectivamente. Adicionalmente, os tratamentos com o remineralizador foram comparados com os tratamentos sem o remineralizador por um contraste ($\hat{C}1$), cuja significância foi avaliada pelo teste de Bonferroni modificado. O contraste foi definido pela expressão $\hat{C}1 = (\text{Solo} + \text{CO} + \text{Rocha}) - (\text{Controle} + \text{Comp.Org.})$. Ao final do experimento, os principais parâmetros químicos dos solos contidos nas colunas foram analisados conforme métodos de rotina para análises da fertilidade do solo de acordo com Teixeira et al. (2017). Os resultados obtidos para estes testes estão sendo sistematizados e comporão um artigo científico que está em fase de elaboração.

Eficiência agronômica a campo

Como forma de testar a campo, os produtos de descarte da mineração de esmeralda foi implementada uma Unidade Demonstrativa (UD), onde utilizou-se os princípios dos Sistemas Agroflorestais. Para a realização dessa atividade, contou-se com a parceria do Instituto Federal do Tocantins (IFTO) , Campus de Paraíso. Houve um envolvimento de alunos e funcionários do IFTO, os quais aderiram ao projeto por meio de bolsas de extensão.

A **Figura 39** mostra a placa da Unidade Demonstrativa.

Figura 39: Placa da Unidade Demonstrativa.



Fonte: Equipe do projeto.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) estão se tornando uma opção importante para garantir a produção de alimentos de forma sustentável. A associação desse modelo de produção com a remineralização dos solos (conforme prevê a tecnologia da rochagem) facilita o aumento da oferta

de nutrientes, favorece a atividade biológica e melhora o desenvolvimento das espécies vegetais inseridas nesses sistemas. A combinação dessas duas tecnologias ou práticas agroecológicas, também tem potencial para captura de CO₂ atmosférico e a sua retenção no solo (Soares et al. 2022). O pó de rocha utilizado derivou do descarte da exploração em uma das frentes de lavra do garimpo do sequestro e foi caracterizado como biotita-actinolita xisto (o mesmo utilizado nos experimentos agronômicos e de colunas de lixiviação).

Os sistemas agroflorestais contribuem para se restabelecer o recobrimento do solo, uma vez que, conforme sugerem King e Chandler (1978), os SAFs (ou agroflorestas) são sistemas sustentáveis de uso da terra que combinam a produção de cultivos agrícolas com espécies florestais, frutíferas e leguminosas, utilizando a mesma unidade de terra e aplicando técnicas de manejo que são compatíveis com as práticas culturais da população local. Nair (1993) lembra que mesmo em arranjos mais simples, os SAFs são sempre mais complexos, ecológica (na sua estrutura e função) e economicamente, do que os sistemas monocultivos. Para Miller (2009), esses sistemas, que são biodiversos e sucessionais, incorporam processos dos ecossistemas florestais. Adicionalmente, Arevalo et al. (2002) sugere que o uso de práticas de manejo florestal e agroflorestal, bem como ações conservacionistas do preparo do solo podem mitigar e reduzir as emissões de carbono, sequestrando-o, capturando-o e mantendo-o, pelo maior tempo possível, na biomassa e no solo. Assim, as áreas de cultivo funcionam como reservatórios e fontes de carbono. Para esses autores, essa lógica é dependente de como e com que propósito são manejados e como são utilizados seus produtos.

A área do SAF encontra-se na parte de práticas agrícolas do IFTO e

Figura 40: Delineamento e espécies introduzidas na UD/SAF.

[illegible]

Para a implementação do SAF foram adquiridas algumas das mudas de árvores em viveiros da região. Mas também contou-se com o apoio da secretaria de meio ambiente do município de Paraíso do Tocantins, que doou parte das mudas e sementes. O pó de rocha foi doado pelos garimpeiros. A implementação do SAF fez parte de um dos cursos e formação (mostrado mais adiante). Participaram das atividades alguns garimpeiros, estudantes do ensino médio do IFTO, gestores do município de Paraíso do Tocantins e do estado do Tocantins, além da equipe do Projeto. Alguns registros dessa atividade podem ser visto na **Figura 41**.

Após três meses de implantação da UD com o SAF pode-se averiguar que a associação entre o manejo com SAF e uso de remineralizadores contribuiu para alterar positivamente os índices de fertilidade do solo, bem como favoreceu o crescimento das árvores.

O uso de modelos baseados na sucessão florestal, comuns em áreas de sistemas agroflorestais, e sua associação com os remineralizadores, permite que se pense na ampliação de um novo caminho ou rota tecnológica, onde seja possível combinar o uso mais adequado do solo, com vistas à garantia de produtividades compatíveis, à geração de renda e à recuperação de extensas áreas degradadas. Nesse aspecto, o uso de recursos disponíveis regionalmente (remineralizadores) para melhorar os níveis de fertilidade é uma estratégia importante, considerando que os adubos convencionais são, em grande parte, importados. O manejo das áreas com SAFs e remineralizadores demonstrou ser capaz de alterar positivamente diversos parâmetros químicos do solo.

Figura 41: Implementação da UD no IFTO.



Fonte: Equipe do projeto.

5.4

Cursos e capacitações

Conforme havia sido previsto nas metas do Projeto, foram elencados uma série de cursos relacionados aos temas de interesse dos garimpeiros e de agricultores. A **Tabela 11** apresenta os cursos propostos e discutidos nas Oficinas realizadas ao longo do desenvolvimento do Projeto:

Tabela 11: Cursos e capacitações.

Cursos propostos
Formalização mineral, ambiental e trabalhista
Gestão e planejamento gerencial de pequenos negócios
Legislação Mineral e formalização da atividade
Associativismo e organização de empreendimentos
Entendendo a geologia e os recursos ambientais
Manejo Agroecológico da fertilidade do solo e Remineralizadores
Rejeitos x insumos agrícolas (normatização IN 05/16)
Da Lavra à horta: Implantação de um SAF com Remineralizadores
Extensionismo tecnológico, mineral e agrícola
Lapidação e artesanato mineral
Técnicas de desmonte de rochas em frente de lavra (uso de explosivos)

Fonte: Este projeto.

Os cursos ocorreram de forma presencial, virtual e/ou híbrida. A seguir são apresentados os *cards* de divulgação dos cursos, os conteúdos programáticos, datas, locais ou *links* das aulas:

Curso: Manejo agroecológico da fertilidade do solo e remineralizadores

Disponível em: <https://youtu.be/w3exNSWxYMs>

Conteúdo programático:

1. Introdução à Ciência do Solo
2. Amostragem de Solo e Interpretação de Análises Químicas de Rotina
3. Nutrientes Essenciais às Plantas
 - 3.1 Sintomas visuais de deficiência nutricional
4. Dinâmica dos Nutrientes no Solo
5. Nitrogênio
6. Fósforo
7. Potássio
8. Recomendação de corretivos, remineralizadores e fertilizantes
9. Lições Gerais para o Manejo da Fertilidade do Solo no Contexto da Agroecologia

Figura 42: Arte de divulgação do curso.



Fonte: Equipe do projeto.

Curso: Entendendo a geologia e os recursos ambientais

Disponível em: <https://youtube.com/live/sZb3LbnWrAg>

Conteúdo programático:

1. Conceitos: geologia; estrutura da Terra; tipos de rochas (ígneas, sedimentares e metamórficas); estrutura e textura das rochas; ciclo das rochas. Análise mineralógica (DRX) e química.
2. Processos exógenos: processos modeladores da superfície; intemperismo e formação de solos. Nomenclaturas de perfis lateríticos. Estruturas, texturas, mineralogia e química dos perfis. Distribuição das crostas lateríticas. Diferenças dos perfis de intemperismo da Amazônia e do Brasil central.
3. Noções básicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Mapeamento geológico preliminar. Uso de bússola e gps. Aplicações de drones na geologia. Resolução das imagens. Principais softwares usados na mineração.
4. Noções de sondagem: Técnicas de sondagem na prospecção mineral. Pequenos trabalhos de prospecção (trincheiras e poços). Sondagens (trado, percussão, rotativa e Banka).

Figura 43: Arte de divulgação do curso.



Fonte: Equipe do projeto.

Curso: Rejeitos x Insumos agrícolas (Normatização IN 05/2016)

Curso ministrado em 3 módulos online.

Disponível em:

1º: <https://youtube.com/live/nmcDoz-49eI>

2º: https://youtube.com/live/_xwAJhLyf-A

3º: <https://youtube.com/live/Lxk18S5L9Z8>

Conteúdo programático:

1. Fornecer conhecimentos técnicos sobre o potencial de uso agrícola de rochas moídas.
2. Capacitar pequenos mineradores (garimpeiros) no processo de registro para a comercialização de remineralizadores de solo.
3. Incentivar o aproveitamento e uso sustentável de subprodutos da mineração.

Figura 44: Arte de divulgação do primeiro módulo do curso.



Fonte: Equipe do projeto.

Figura 45: Arte de divulgação do segundo módulo do curso.



Fonte: Equipe do projeto.

Figura 46: Arte de divulgação do terceiro módulo do curso.



Fonte: Equipe do projeto.

Curso: Da lavra à horta: implantação de um sistema agroflorestal com remineralizadores de solo

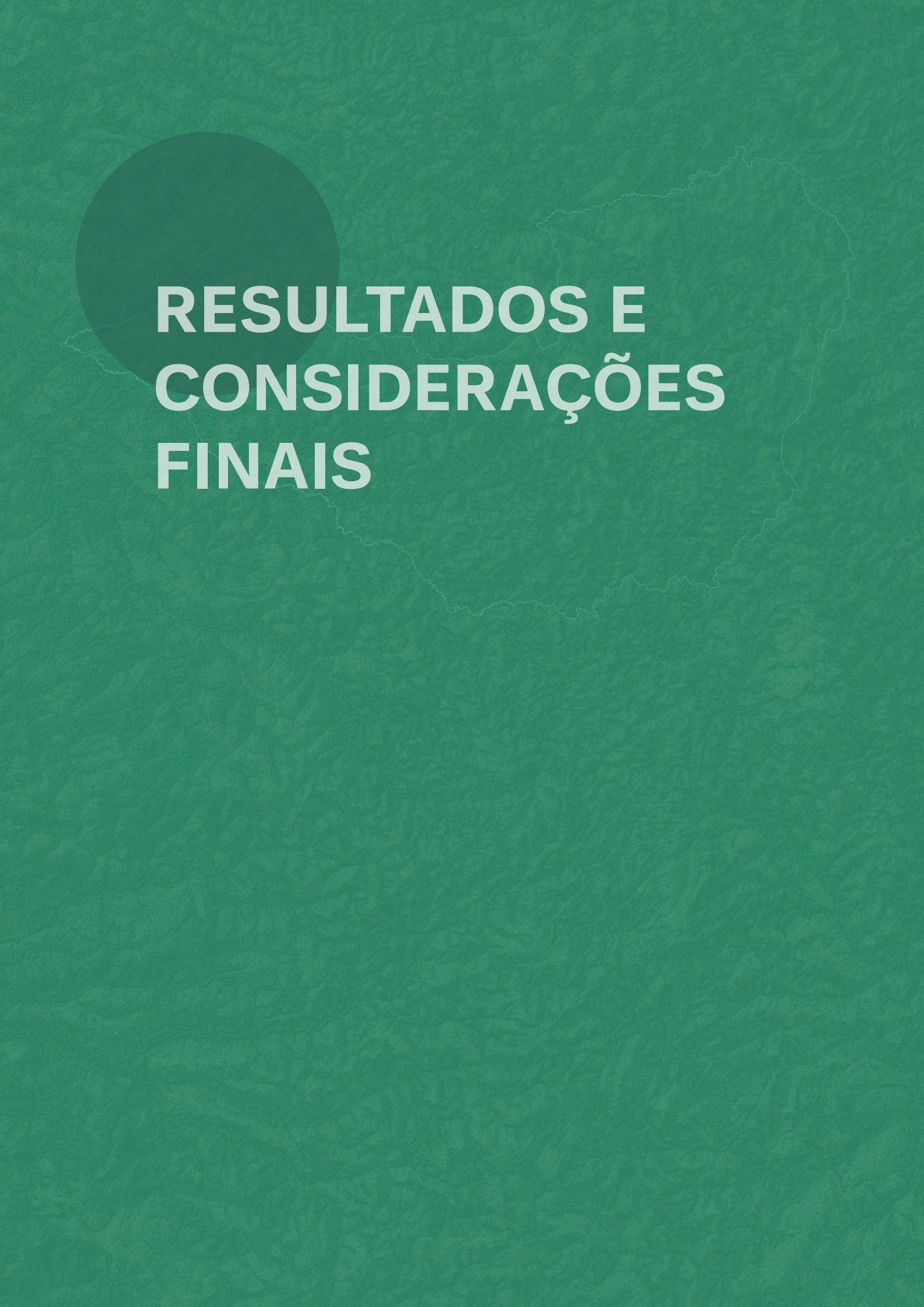
Conteúdo programático:

1. Aula expositiva: integração de uso de recursos minerais e agricultura
2. Aula prática e participativa: conhecendo o solo, as rochas e as plantas companheiras
3. Aula prática e participativa: implantação de Sistema Agroflorestal

Figura 47: Arte de divulgação do curso.



Fonte: Equipe do projeto.



RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dissertações de mestrado e artigos científicos resultantes da pesquisa

As atividades do Projeto permitiram a elaboração de duas dissertações de mestrado relacionadas ao tema dos remineralizadores: (1) Remineralizadores em solo tropicais: avanços e desafios partir de artigos publicados nos anais dos Congressos Brasileiros de Rochagem; (2) Estudo da legislação brasileira acerca do mercado de carbono: agricultura familiar e remineralizadores de solo.

Para além das dissertações a equipe do projeto, juntamente com a equipe de rochagem da UnB/CNPq, elaborou 11 artigos científicos, que tratam das diversas partes da pesquisa, incluindo caracterização das rochas, aptidão agrícola, gestão e governança de APLs entre outros temas relacionados aos remineralizadores, conforme pode ser visto na **Tabela 12**.

Tabela 12: Artigos científicos resultantes do projeto.

Título	Autores(as)
A mistura de remineralizadores e fontes orgânicas facilita o intemperismo aprimorado das rochas	Theodoro, S. H.; Medeiros, F. P.; Carvalho, A. M.X.; Oliveira, V. S.; Oliveira, L. C.; Almeida, R. M. P.; Viana, M. B.; Gomide, C. S.
O papel dos remineralizadores na captura de CO ₂ e na segurança Alimentar (2ª fase dos experimentos)	Theodoro S. H; Carvalho, A. X. M. Medeiros F. P.; Oliveira V. S.; Oliveira, L. C.; Almeida R. M. P. ; Viana, M. B; Gomide C. S.
The combination of crushed rock and organic matter enhances the capture of inorganic carbon in tropical soils	Medeiros F. P.; Theodoro S. H.; Carvalho A. M. X.; Oliveira V. S.; Oliveira, L. C.; Almeida R. M. P.; Viana, M. B; Gomide C. S

Título	Autores(as)
The potential of remineralizers and bioinputs for expanding the sovereignty of tropical agriculture	Gomide C. S.; Medeiros F. P.; Matheus A.; Oliveira V. S.; Oliveira L. C.; Moura L. H. G.; Ramos C. G.; Theodoro S. H.
Desenvolvimento sustentável de Arranjos Produtivos Locais: um estudo prospectivo para APL de esmeraldas e remineralizadores em Monte Santo, TO	Kobayashi, C. M.; Neves, S. S. A.; Ferneda, E.; Oliveira, V. S.; Nascimento, L. C.; Lima, C. D.; Restom, Y. M. Oliveira, L. C.; Marques, F. M. Medeiros, F. P.; R.; Theodoro, S. H.
Impacto dos remineralizadores de solo na saúde pública	Oliveira, V. S., Theodoro, S. H. Medeiros, F.P.
Uma síntese da pesquisa e da inovação da tecnologia da rochagem no Brasil	Viana M. B.; Gomide, C. S.; Medeiros F. P.; Theodoro, S. H.
A transformação de subprodutos da exploração de esmeraldas em remineralizadores de solo: o caso do APL de Monte Santo/TO	Theodoro S. H.; Oliveira V. S.; Silva V. L.; Mesquita N. M.; Medeiros F. P.; Oliveira L. C.; Peixoto S. F.; Nascimento, L. C.; Lima, C. D.
Análise do Impacto dos Remineralizadores de Solo no Mercado de Carbono Brasileiro: Implicações Legais e Regulatórias	Ferreira, L. R.; Theodoro, S. H.; Medeiros, F. P., Ferrão, F. R.; Ramos, C.G.
Panorama dos remineralizadores de solo registrados no Brasil	Oliveira, V. S; Oliveira, L. C.; Theodoro, S. H; Medeiros, F. P.; Almeida, R. M. P; Viana, M. B.; Gomide, C. S.
O potencial do arranjo produtivo local de esmeralda e remineralizadores de Monte Santo/TO.	Theodoro, S. H.; Kobayashi, C. M.; Oliveira, V. S.; Nascimento, L. C.; Lima, C. D.; Medeiros, F. P.; Neves, S. S. A.; Oliveira, L. C.; Marques, F. M. R.; Almeida, R. M. P.

Fonte: Este projeto.

Planejamento da gestão, governança e estratégia para fortalecer o APLEREM

Os dados relativos a essa parte comporá um eBook em separado, uma vez que os objetivos relacionadas a esta parte foram viabilizados pela participação da equipe do INSPRO (Instituto Prospectiva), e tiveram por finalidade introduzir o planejamento estratégico de longo prazo, utilizando o método da Prospectiva Estratégica, nos APLs da cadeia produtiva de esmeralda e remineralizadores, como forma de promover: (i) a inovação de processos com agregação de valor; (ii) a identificação de demandas estruturantes e tecnológicas para o melhor do uso de subprodutos de esmeralda de Monte Santo do Tocantins e região a favor do setor agrícola; (iii) a criação e o fortalecimento da governança local no horizonte temporal; (iv) a garantia da sustentabilidade; e (v) a efetiva apropriação do processo prospectivo pelos participantes e empreendedores locais, com sua participação ativa e engajamento em todas as etapas do processo.

Considerações finais

O presente *e-book* apresenta os resultados de uma investigação empreendida pela Universidade de Brasília e diversos parceiros institucionais acerca da formação de redes de cooperação, aprendizagem coletiva, tecnologias e inovações para o aproveitamento racional e integral dos produtos de descartes e/ou resíduos gerados ao longo da exploração de esmeraldas. A pesquisa foi executada na região de Monte Santo do Tocantins e buscou envolver a sociedade local, os garimpeiros, organizados

sob a forma de Cooperativas, a sociedade local, gestores municipais e estaduais, bem como instituições do setor agrícola, incluindo os estabelecimentos da agricultura familiar e empresarial.

A partir dos estudos, oficinas, reuniões, entrevistas e cursos de formação realizados ao longo de 24 meses foi feito um diagnóstico sobre o Arranjo Produtivo Local, que estava instituído na REDEAPLMineral, porém não implementado. O projeto do APLEREM-MS/TO teve o propósito de oferecer opções tecnológicas e de inovação para transformar a realidade local, tornando essa iniciativa uma oportunidade de mudança para a região. As ações executadas permitiram identificar as potencialidades e as limitações (gargalos, desafios e carências legais, tecnológicas, de infraestruturas e de crédito) para alavancar o APL.

Apesar do imenso potencial para que o APLEREM-MS/TO se converta em um exemplo de empreendimento para outras regiões com semelhante perfil, ao final do Projeto pode-se averiguar que muitas barreiras precisam ser vencidas. Duas delas são as mais emblemáticas; (i) falta de interesse do poder público local (prefeitura) em organizar a atividade de exploração das esmeraldas e (ii) disputas não passíveis de negociação entre as cooperativas de garimpeiros e entre os cooperados.

Dessas duas barreiras, decorreu um dos desafios mais simbólico e que se refere a participação do público envolvido nas atividades de treinamento e capacitação. As oficinas, reuniões e cursos oferecidos tiveram uma baixa adesão, apesar das várias tentativas de envolvimento dos interessados e da sociedade local. Os convites enviados por meio de diversas formas (mensagens por correio eletrônico e por *WhatsApp*), convites via rádio local (uma semana antes das oficinas) e por abordagem pessoal da equipe local do projeto, não surtiram o efeito esperado. A participa-

ção nas oficinas e reuniões dificilmente superou 20 pessoas, com uma média de 13. Nesse aspecto, é necessário informar que grande parte dos garimpeiros cooperados não reside na região. Este fato pode ser constatado nas entrevistas a campo, ou na baixa adesão de respostas por meio do formulário eletrônico encaminhado para os presidentes e secretários das cooperativas

Muitos problemas já estabelecidos e arraigados na região são históricos e derivam das dificuldades de organização coletiva. A falta de políticas de apoio à atividade de minerações de pequeno porte, como o garimpo; o alto valor das esmeraldas (que normalmente, quando encontradas, é comercializada em redes de comércio ilegal) e o baixo conteúdo de conhecimento geológico da gênese das esmeraldas compromete o desenvolvimento da atividade de forma mais segura e rentável. A falta de investimentos e de recursos que poderiam melhorar o perfil de exploração, de capacitação e de segurança para os trabalhadores envolvidos na atividade é uma realidade histórica da região.

Apesar dessas dificuldades, dos desafios e das limitações, as ações previstas nas nove metas e 33 etapas empreendidas ao longo do tempo de realização do Projeto foram quase que totalmente realizadas (cerca de 90%). Um dos resultados mais importantes refere-se ao diagnóstico geoambiental que comprovou a grande aptidão para o uso dos materiais derivados da lavra de esmeraldas. A região e o estado do Tocantins, de forma mais abrangente, são grandes consumidores de insumos para fortalecer o setor agropecuário, que está em fase de expansão. A cadeia produtiva dos remineralizadores (REM) apresenta-se como uma alternativa vigorosa para melhorar vários aspectos e fragilidades identificadas ao longo da investigação. Portanto, identificar fontes de insumos que podem

ser produzidos e comercializados local/regionalmente torna-se uma ferramenta de desenvolvimento excepcional. A estruturação e o desenvolvimento da cadeia produtiva dos REM pode contemplar aspectos econômicos, produtivos e sociais, segundo parâmetros mais sustentáveis.

A pesquisa sobre as rochas associadas à gênese das esmeraldas revelou-se extremamente positiva, uma vez que a maioria das amostras analisadas enquadram-se nas normas estabelecidas na Instrução Normativa 05/2016 do MAPA, onde está estabelecida as condicionantes e garantias mínimas que para que as rochas sejam consideradas aptas ao uso como REM.

Do ponto de vista geoquímico, os resultados revelaram que seis das oito rochas analisadas podem ser enquadradas como futuros remineralizadores de solo, uma vez que atendem à normativa estabelecida (IN 05/2016-MAPA) quanto à soma de bases (K_2O , CaO e $MgO \geq 9\%$), limites máximos dos elementos potencialmente tóxicos e pH de abrasão (8,0 12,0). Algumas dessas rochas podem ainda declarar fósforo, ferro e Mn como micronutrientes no rótulo das embalagens, o que é uma vantagem adicional. As análises petrográficas revelaram que nenhuma das rochas possui porcentagens de sílica livre (na forma de quartzo) superiores ao estabelecido na mesma IN ($\leq 25\%$). Os resultados também mostram que as rochas da região de Monte Santo do Tocantins apresentam uma assembléia mineralógica largamente favorável ao seu aproveitamento como REM, uma vez que a presença de biotita, hornblenda, actinolita, plagioclásios e microclinio garantem a oferta de macronutrientes (cálcio, magnésio e potássio) fundamentais para as plantas. Muitos desses minerais apresentam processo de alteração ora incipiente ora moderada ou intensa, o que segundo diversos autores aumenta o potencial de que tais

produtos sejam mais efetivos na liberação dos nutrientes.

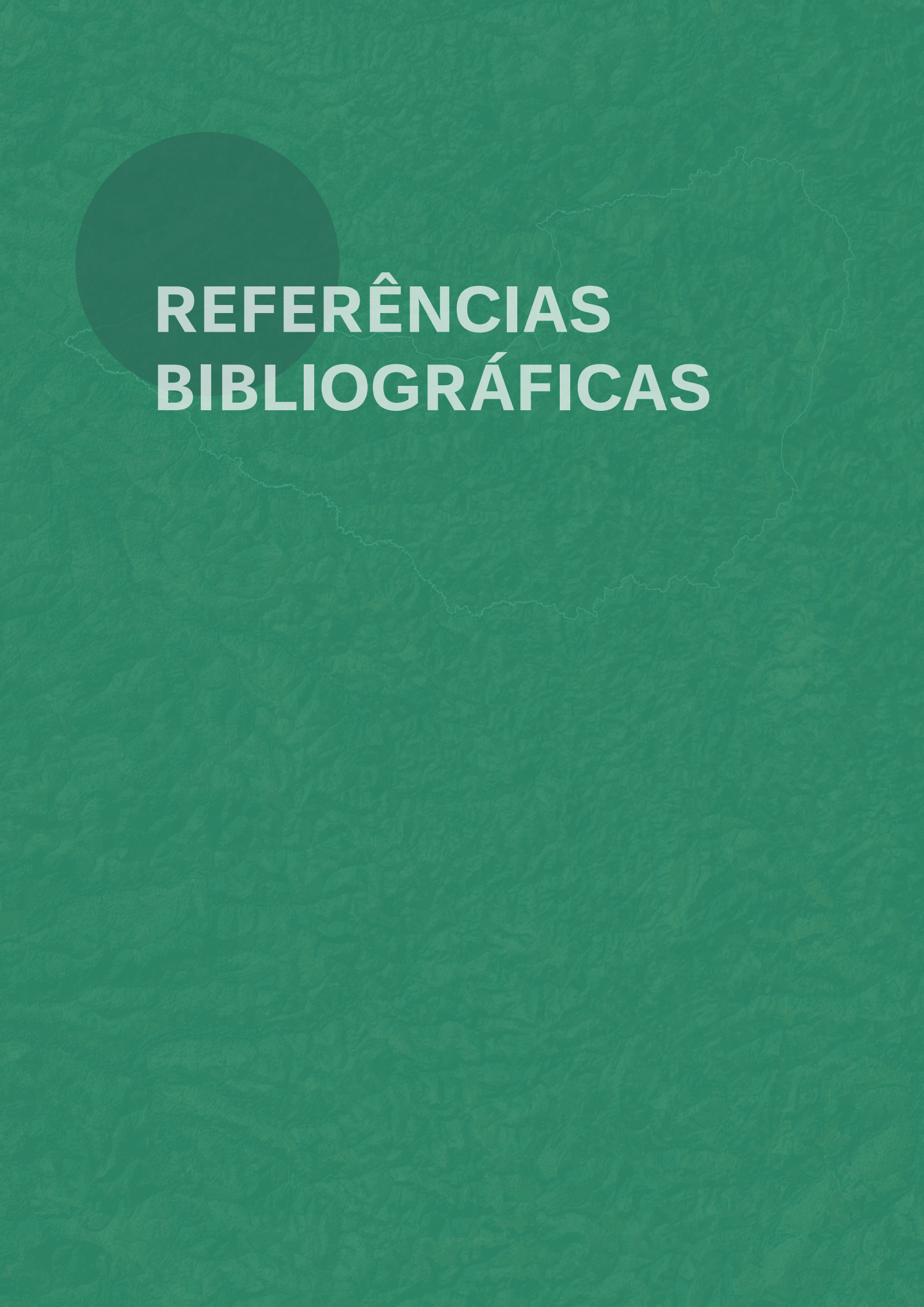
Deve-se destacar que esse potencial poderia transformar o perfil produtivo do estado do Tocantins, uma vez que seria possível atender um mercado agropecuário local e regional altamente demandante de insumos agrícolas. A integração de distintos setores produtivos (mineração e agropecuária) é um dos principais mecanismos para fortalecer Arranjos Produtivos Locais (APLs) e para consolidar uma base produtiva local e regional. Nesse sentido, o uso de materiais derivados do processo de extração mineral das esmeraldas (co-produtos) para fins agrícolas (fertilização dos solos) configura-se em uma oportunidade de grande alcance e fortalecimento de APLs de base mineiro-agrícola.

Entretanto, apesar de tais potencialidades, deve ser compreendido que a utilização desses produtos (remineralizadores) não deve ser vista simplesmente como uma fonte de nutrientes, que serão rapidamente absorvidos pelas plantas cultivadas ou, ainda, como forma de acelerar os processos de sucessão e dinamização biológica nos solos. Não se trata, portanto, de um sistema de substituição de insumos (adubos químicos) por pós de rocha ou de redução de custos, mas de uma mudança de concepção sobre o manejo da fertilidade dos agroecossistemas.

Essa nova abordagem representa um novo paradigma nos processos de fertilização, em especial em regiões tropicais, como é o caso do Brasil, reduzindo, assim, a sua grande dependência na importação de insumos sintéticos solúveis. Além disso, o uso desses produtos aumenta a resiliência dos sistemas produtivos frente à crise climática, permitindo o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas e práticas agrícolas em diferentes escalas de produção – local/regional e agroecológica/empresarial - impulsionando a produção de alimentos de forma mais sustentável e

segura.

Por fim, o resultado mais importante obtido ao longo das atividades foi o compromisso dos gestores estaduais e garimpeiros em implementar medidas e ações que viabilizem a implementação do APLEREM-MS/TO. A carta compromisso assinada por várias instituições sinaliza com algum comprometimento de várias instâncias de poder e trabalho de levar adiante os objetivos do Projeto, viabilizando um dos mais importantes objetivos do Projeto.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, F.G. et al. Cover crops and biocontrol agents in the management of nematodes in soybean crop. *Rev. Caatinga*, 36(2): 243-250. 2023 <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n201rc>

ARCANJO, S. H. S.; MOURA, C. A. V.; ABREU, F. A. M.; GORAYEB, P. S. S. Rio do Coco volcano-sedimentary sequence: 2.6 exotic terrain in the Paleoproterozoic Tocantins Shear Belt, Central Brazil. In: 31º Congresso Internacional de Geologia – SBG. Rio de Janeiro-RJ. CD-ROM. 2000

BARREIRA, C.F., DARDENNE, M.A. A Sequência Vulcano-Sedimentar Rio do Coco. In: IMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 1. Goiânia.1991, Soc. Bras. Geol. p. 241-264. 1981

BERGMANN M Grupo Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul: agrominerais para uso em remineralização e correção de solos. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 17/ International Symposium on Tectonics, 11. 2019

BERGMANN M., HOFF R., THEODORO S. H. Rochagem: Viabilizando o uso sustentável dos descartes de mineração no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (DMAS), RS, Brasil. Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem. 2009

BLASKOWSKI, A. E.; BROD E. R. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO POTENCIAL AGROMINERAL NO ESTADO DO TOCANTINS – BRASIL. IN: Theodoro et. al. Anais do IV Cong. Bras. de Rochagem. Rio de Janeiro, RJ: Autografia, p. 116- 123. 2021. Disponível: https://www.sgb.gov.br/remineralizadores/media/anais_ivcbr_2021.pdf. Acesso: 23 marco de 2023

BRASIL / Anuário Mineral Brasileiro. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/anuario-mineral/anua->

rio-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf. Acesso em: jan/2024

Brasil / MAPA - Produção Agropecuária. Acesso disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/to>

Brasil / Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2022. Disponível: <https://datasus.saude.gov.br/2022/> Acesso: 20 março 2023

Brasil, 2013. Lei 12.890/2013 de 10 de dezembro de 2013 - Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Available: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12890.htm Accessed: 19 de setembro de 2022).

Brasil, 2020. Decreto nº 10.375 de de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=10375&ano=2020&ato=622ITQq1EMZpWTcd5>. Acesso: 10 de junho de 2023.

Brasil, 2022. Decreto nº 10.991 de 11 de março de 2022. Institui o Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas. Disponível: <https://in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.991-de-11-de-marco-de-2022385453056#:~:text=D%20E%20C%20R%20E%20T%20A%20%3A,data%20de%20publica%C3%A7%C3%A3o%20deste%20> Acesso: 26 de novembro de 2023

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. 2020. Anuário mineral brasileiro: principais substâncias metálicas. Brasília. 35p. URL: www.anm.gov.br. Acesso: 30 out 2021

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Produção

da Pecuária Municipal. Brasília. URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939#resultado>. Acesso em: 15 maio 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Produção Agrícola estadual. Brasília. URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457#resultado>.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. 2019. Zoneamento Agrogeológico do Brasil, escala 1:1.000.000 - Resumo Executivo. URL: <http://www.cprm.gov.br/impressa/pdf/zag181205.pdf>. Acesso: 23 out 2023

BRASIL/ MAPA Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária – Brasília: MAPA, 2017. 240 p. ISBN 978-85-7991-109-5

BRASIL/MDIC (2014) Política de Apoio ao Desenvolvimento de Arranjos Produtivos Locais - Manual Operacional para as Instituições Parceiras, maio/2004.

Brasil/ MCTI – <https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/acoes-e-programas/programas/tecnologia-e-transformacao-mineral#:~:text=Os%20Arranjos%20Produtivos%20Locais%20de,extrativa%20e%20de%20transforma%C3%A7%C3%A3o%20mineral>. Acesso: junho/2023

Brasil/ Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais - INEP - Censo Educacional 2021. Disponível: https://download.inep.gov.br/censo_escolar/resultados/2021/apresentacao_coletiva.pdf Acesso: 03 jan de 2024

Caderno de caracterização: estado do Tocantins / organizador Sipeagro

(<https://indicadores.agricultura.gov.br/fertilizantes/index.htm> es, Renan Loureiro Xavier Nascimento, Camilo Cavalcante de Souza, Marcos Antônio das Neves de Oliveira – Brasília, DF: Codevasf, 2021.

CAMARA G. R., SANTOS E. S., GUALANDI A. J. Z., SILVEIRA A. J. Z., NEVES M. A., CHIODI F^o C., CASTRO N. F. Agronomic potential of using ornamental stones waste as a source of agricultural fertilization. 7th Global Stone Congress. 2023.

CARVALHO A. M. X., CARDOSO I. M., SOUZA M. E. P., THEODORO S. H. Rochagem: o que se sabe sobre essa técnica? In: Cardoso I, Fávero C. Solos e Agroecologia. 1 Ed. Brasília: Embrapa. 4: 103-128. 2018 ISBN: 978-85-7035-774-8.

CARVALHO A. M. X., MENDES F. Q., MENDES, L. F. TAVARES, 2020. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. Crop Breeding and Applied Biotechnology. 20(3). <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3s46>

CAVALCANTE D. E Espectroscopia, cristalquímica e inclusões fluidas da esmeralda Monte Santo, Tocantins, Brasil. Tese de doutorado em Geologia. Universidade de Brasília. 135 p. 2023

CLIMATEMPO. Climatologia em Monte Santo do Tocantins, BR. 2024. Disponível em: <https://www.climatepo.com.br/climatologia/6886/mon-tesntodotacantins-to>. Acesso: 06/06/2024

CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba). Caderno de caracterização: estado do Tocantins. In: Nascimento, R. L. X., Souza, C. C., Oliveira, M. A. N. Brasília, DF. 75 p. 2021. Disponível: <https://www.codevasf.gov.br/acesso-a-informacao/insti->

tucional/biblioteca-geralorochoa/publicacoes

CONCEIÇÃO L. T., GUTIERRES N. S., HEVERTON M. S., HOLSBACK, OLIVEIRA C. D. F., MARCANTE N. C., MARTINS É. S., SANTOS F. L. S., SANTOS E. F. Potential of Basalt Dust to Improve Soil Fertility and Crop Nutrition. Journal of Agriculture and Food Research 10. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100443>.

Consumo de insumos e fertilizantes por região. Acesso disponível em: <https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3132> .

CORNEJO, C., BARTORELLI, A. Minerais e pedras preciosas do Brasil. São Paulo: Solaris Edições Culturais. 2010

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2022. Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Tocantins, escala 1:500.000. Editores: RIBEIRO, Pedro Sérgio Estevam; FRASCA, Antônio Augusto Soares; CARNEIRO, Jonatas de Sales Macedo; HATTINGH, Karina; REZENDE, Eduardo Soares de; MARTINS, Felipe Rodrigues. Goiânia, 2022.

FARACO, M.T.L., et al. Folha SC.22-Tocantins. In: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM. 2004

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO TOCANTINS. Arroz: plano estratégico para as cadeias produtivas do agronegócio no Estado do Tocantins: 2018-2027. Palmas/TO: Sistema FIETO 144 p. 2018.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO TOCANTINS. Carne bovina: plano estratégico para as cadeias produtivas do agronegócio no Estado do Tocantins: 2018-2027. Palmas, TO: Sistema FIETO, 2018c. 144 p. Disponível: <http://www.fieto.com.br/DownloadArquivo.aspx?c=3d->

ca57b5-ce00-4865-bcb0- ffc915ecc905 Acesso: 4 ago. 2021c.

FRAGOSO, D. B. Expansão da Agricultura no Estado do Tocantins. Embrapa - Capítulo 2, 2022.

FRASCA, A.A. ARAÚJO, V.A. Projeto Hidrogeologia no Tocantins – Folha Palmas (TO) – SD.22-Z-B. Goiânia: CPRM. 52 p. 2001

GIULIANI, G, GROAT, L. A., MARSHALL D., FALLICK A. E., BRANQUET Y. Emerald Deposits: A Review and Enhanced Classification. Minerals. 9(2):105. 2019; <https://doi.org/10.3390/min9020105>

GUERRA, E. A., ARRAES, T.M., SILVA, C.F.C., COSTA, J. A. V., JUNIOR, C.N.C., SCLiar, C., SALUM, M.J.G. Políticas Públicas Para o Desenvolvimento Sustentável dos APL de Base Mineral, 2022 (publicação interna do MCTI).

HINSINGER P., GILKES R. J. Dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of five plant species grown in an acid, P-fixing mineral substrate. Geoderma, 75(3–4): 231-249. 1997 [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(96\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(96)00094-8)

IBGE. geociências, organização territorial, 2020. Canal de arquivos para download. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> Acesso em: 11 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopse Estatística da Educação Básica 2023. Brasília: Inep, 2024. Disponível: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/sinopses-estatisticas/educacao-basica>. Acesso: 28. De maio de 2024.

LACERDA FILHO, J. V. de; SOUZA, J. O. Relatório de reconhecimento da ocorrência de esmeralda de Monte Santo-TO. 1997. Disponível: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/14201> Acesso: 4 de jun 2023

LAUDARES, S. S. DE A.; SILVA, K. G. DA; BORGES, L. A. C. Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, v. 31, p. 111-122, ago. 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/39142> Acesso em: 4 ago. 2023

LEONARDOS O. H., THEODORO S. H., ASSAD M. L. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a Brazilian viewpoint. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 56: 3-9 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1009855409700>

LEONARDOS, O. H., FYFE, W. S., KRONBERG, B. I. The use of ground rocks in laterite systems: An improvement to the use of conventional soluble fertilizers? Chemical Geology, 60 (1–4). p . 361-370. 1987. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(87\)90143-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(87)90143-4).

MANNING D. A. C., THEODORO S. H. Enabling food security through use of local rocks and minerals. Extractive Industries and Society, 7(2) 480–487. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.11.002>

MARTINS É. S., THEODORO S. H., BERNARDEZ F., SIQUEIRA D. S., CAIXETA A. P., CURTIS J. C. D., LUCHESE A. V. Produção Brasileira de Remineralizadores e Fertilizantes Naturais: 2019 a 2022. Revista Novo Solo. 3.10-19. 2023. Disponível: <https://abrefen.org.br/2023/06/29/producao-brasileirade-remineralizadorese-fertilizantes-naturais-2019-a-2022/>

MEDEIROS F. P., THEODORO S. H. () Remineralização dos solos para

ampliar a produção da palma forrageira na região semiárida. In: Sauer, S., Silva, A. L. da, Duarte L. G. Reflexões sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural. Ed. UnB. 163 – 187. 2021. Disponível: <https://doi.org/10.26512/9786558460237>. Acesso: 20 junho 2024

MILARÉ, E; MACHADO, P. A. Novo código florestal comentado: comentários à Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, à Lei no 12.727, de 17 de outubro de 2012 e ao Decreto no 7830, de 17 de outubro de 2012. Revista dos Tribunais, 2. ed. São Paulo, 2013.

MOREIRA, R. S. Análise temporal do uso e cobertura da terra e diversidade de aves como subsídios para a conservação da biodiversidade na Área de Proteção Ambiental do Lago de Palmas, Tocantins. 2017.

RAMOS C. G., DALMORA A. C., KAUTZMANN R. M., HOWER J., DOTTO G. L., OLIVEIRA L. F. S. () Sustainable Release of Macronutrients to Black Oat and Maize Crops from Organically-Altered Dacite Rock Powder. Natural Resources Research. 30: 1941–1953. 2021 <https://doi.org/10.1007/s11053-021-09862-0>

RAMOS C. G., HOWER J.C., BLANC E., OLIVEIRA M. L. S, THEODORO S. H. Possibilities of using silicate rock powder: An overview. Geoscience Frontiers, 13(1). 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101185>.

RIBEIRO, P. S. E, ALVES, C. L. Geologia e Recursos Minerais da Região de Palmas. Folha Miracema do norte (SC.22-X-D), Porto nacional (SC.22-Z-B) e Santa Teresinha (SC.22-Z-a). escala 1:250.000. Goiânia: CPRM, 2017.

SAMBUICHI, R. H. R. et al. Diversidade da Produção nos Estabelecimentos da Agricultura Familiar no Brasil: uma análise econométrica baseada

no cadastro da Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP). Texto para Discussão, 2016.

SEAGRO, 2024. CONAB, 2020

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. (2006). SÉRIE EMPREENDIMENTOS COLETIVOS

SILVA, J. P. D., et al. Produtividade da soja em área de transição plintosolos petricos e latossolos amarelos-Porto Nacional-TO. In: Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo. Florianópolis. 38. 2023, Florianópolis.

SOUZA F. N. S., OLIVEIRA C. G., MARTINS E. S., ALVES J. M. Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. Agri-environmental Sciences. 2017 DOI: 10.36725/agries.v3i1.204

SOUZA, F. N. S. O potencial de agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical, 107 p. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível: <http://icts.unb.br/js-pui/handle/10482/18064> Acesso: 20/06/2023

SWOBODA P., DÖRING T. F., HAMER M. (). Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. In Science of the Total Environment (807). Elsevier B.V. 2022. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2021.150976](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976).

Theodoro S. H. A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília - UnB. PhD. Thesis. 225p. 2000 <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20881>

THEODORO S. H., LEONARDOS O. H. Stonemeal: principles, potential and perspective from Brazil.(2015) In: Goreau TJ, Larson RW, Campe J. Geotherapy: Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO2 increase. CRC Press. USA.. 403-418. 2014. ISBN 9780429168901.

THEODORO S. H., LEONARDOS O. H., ROCHA E. L., MACEDO I., REGO K. Stonemeal of amazon soils with sediments from reservoirs: a case study of remineralization of the Tucuruí degraded land for agroforest reclamation. Acad. Brasil. Ciências. 85 (1), 23–34 2013. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000100003>

THEODORO S. H., MANNING D. A. C., CARVALHO A. X. M., FERRÃO F. R., ALMEIDA G. R. Soil remineralizer: a new rote to sustentability for Brazil, a giant exporting agro-mineral commodities. In: Yakovleva, N. Nickless, E. (eds) Routledge Handbook of the Extractive Industries and Sustainable Development. 1st Ed. 261-281 2022 <https://doi.org/10.4324/9781003001317>

THEODORO S. H., MEDEIROS F. P., IANNIRUBERTO M., JACOBSON T. K. B. Soil remineralization and recovery of degraded areas: An experience in the tropical region. J. S. Am. Earth Sci. 103014. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103014>

TIZZIOTTI, C. P. P., TRUZZI, O. M. S., BARBOSA, A. DE S.. (2019). Arranjos produtivos locais: uma análise baseada na participação das organizações locais para o desenvolvimento. Gestão & Produção, 26(2), e2579. <https://doi.org/10.1590/0104-530X-2579-19>

Tocantins agrícola. disponível: <https://www.to.gov.br/seagro/agricultura/4i8bn98apzb6#:~:text=Tocantins%20agr%C3%ADcola,e%20agos->

to%20o%20mais%20seco

UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.. Vermiculita. IN: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI. p. 865-887. 2008

VAN STRAATEN P. Agrogeology: The use of rock for crops. Enviroquest Ltd. Toronto, Canada. 440 p. 2007

VAN STRAATEN P. Distribution of agromineral resources in space and time- a global geological perspective. Pesq Agropecuária Brasileira. 5. 2022