



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MAYCON DOUGLAS DE MORAIS MEDEIROS

**PANORAMA DA PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR
DIX SEPT ROSADO/RN**

CARAÚBAS

2024

MAYCON DOUGLAS DE MORAIS MEDEIROS

**PANORAMA DA PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR
DIX SEPT ROSADO/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Interdisciplinar em
Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Erica Natasche de Medeiros
Gurgel Pinto, Prof^a. Dr^a.

CARAÚBAS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

MM467 Medeiros, Maycon Douglas de Moraes.
p PANORAMA DA PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE
GOVERNADOR DIX SEPT ROSADO/RN / Maycon Douglas de
Moraes Medeiros. - 2024.
32 f. : il.

Orientadora: Erica Natasche de Medeiros Gurgel
Pinto.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2024.

1. calcário. 2. produção. 3.
georreferenciamento. I. Pinto, Erica Natasche de
Medeiros Gurgel, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues

CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MAYCON DOUGLAS DE MORAIS MEDEIROS

**PANORAMA DA PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR
DIX SEPT ROSADO/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 23 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto, Prof^a. Dr^a. (UFERSA)
Presidente

Renata de Oliveira Marinho , Prof^a. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Gustavo Marques Calazans Duarte, Prof. Me
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que acreditaram na realização deste trabalho e deram-me forças e estímulo para dar prosseguimento a esta pesquisa e obter sucesso. Aos meus pais aos quais agradeço a Deus todos os dias por terem me dado tudo: a vida, educação, apoio moral e psicológico.

A todos os professores da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)-Campus Caraúbas que colaboraram e construíram bases sólidas no meu desenvolvimento e aprendizagem para o crescimento profissional. Seus nomes são inesquecíveis e por isso, dedico-lhes minha profunda admiração e respeito.

Agradeço à professora orientadora Prof^a. Dr^a. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto pela disposição e paciência em repassar seus conhecimentos que possam ser utilizados futuramente;

A Deus criador do céu e da terra pelo amor incondicional, e a qual me deu a vida.

RESUMO

O estado do Rio Grande do Norte tem um grande poder para exploração da cal. No presente estudo são apresentados os processos realizados para o desenvolvimento do georreferenciamento das caieiras produtoras de cal situadas no município de Governador Dix Sept Rosado/RN. Atividade essa que é de muita importância para a economia da cidade, logo que está ligada a geração de grande parte dos empregos e agregando na economia local. A metodologia utilizada foi um processo dividido em três partes: visitas in loco para a coleta de dados; uso de software para o georreferenciamento; e a comparação de outras pesquisas acadêmicas envolvendo o assunto. Por meio de visitas e uso de software de mapas, foi possível mapear as áreas e determinar que existem 24 caieiras no município, sendo que três estão desativadas, apontando um retrocesso dessa atividade nos últimos anos. O panorama da produção de cal por meio de mapeamento na cidade de Governador se torna um processo de fiscalização e acompanhamento do processo de produção mais fácil, oferecendo ao município uma metodologia para que sejam criadas medidas de incentivo para a indústria de produção da cal.

Palavras-chave: calcário; produção; georreferenciamento.

ABSTRACT

The state of Rio Grande do Norte has great power for lime exploration. In this study, the processes carried out to develop the georeferencing of lime-producing caieiras located in the municipality of Governador Dix Sept Rosado/RN are presented. This activity is very important for the city's economy, as it is linked to generating a large part of jobs and adding to the local economy. The methodology used was a process divided into three parts: on-site visits for data collection; use of software for georeferencing; and the comparison of other academic research involving the subject. Through visits and the use of mapping software, it was possible to map the areas and determine that there are 24 caieiras in the municipality, three of which are deactivated, indicating a decline in this activity in recent years. The overview of lime production through mapping in the city of Governador becomes an easier process of inspection and monitoring of the production process, offering the municipality a methodology to create incentive measures for the lime production industry.

Keywords: Limestone; Production; Georeferencing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura do forno	14
Figura 2 - Matéria-prima para a produção da cal	14
Figura 3 - Estrutura de um forno para queima de calcário.	15
Figura 4 - Localização geográfica dos polos produtores de cal.	18
Figura 5 – Forno utilizado para queima do calcário	22
Figura 6 – Identificação das caieiras no <i>Google Earth</i>	25
Figura 7 – Georreferenciamento das caieiras no software QGIZ	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações coletadas nas caieiras visitadas	23
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Processo de produção	13
2.2 Tipos de cal	16
2.3.1 Cal virgem	16
2.3.2 CAL HIDRATADA	17
2.4 Produção da cal no brasil	17
3. METODOLOGIA	20
3.1 Visitas in loco para a averiguação da situação das caieiras.	20
3.2 Utilização de software para georreferenciamento das caieiras.	20
3.3 Avaliação da situação da produção de cal no município.	21
4. RESULTADOS	22
4.1 Visitas in loco para averiguação da situação das caieiras.	22
4.2 Utilização de software para georreferenciamento das caieiras.	25
4.3 Avaliação da situação da produção de cal no município.	28
4.3.1 comparando os mapas	28
4.3.2 comparações com pesquisas anteriores	29
5. CONCLUSÃO	30
6. REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

A cal é um produto essencial para inúmeras áreas, em especial a construção civil, na produção de cimento e na correção do PH em solos agrícolas. Sendo assim, a indústria da cal gera vários empregos tanto diretos quanto indiretamente, que emprega desde a etapa da extração da rocha calcária até a comercialização, contribuindo para o desenvolvimento para a economia de muitas cidades do estado.

O estado do Rio Grande do Norte é rico em muitas reservas de calcário, matéria prima principal para a produção da cal, o que facilita a sua exploração e produção, assim reduzindo custos no transporte da matéria prima e do produto final. É sabido que a cal é muito usada na construção civil, em especial na fabricação de cimento, argamassas, e pintura, por isso tendo uma indústria de cal próxima no estado torna o material mais fácil de se ter acesso para as essas fábricas, assim barateando os custos de fabricação, ajudando no desenvolvimento do estado.

Na região oeste do estado há empresas especializadas na produção da cal, com destaque para a cidade de Governador Dix Sept Rosado no Rio Grande do Norte. Porém, existe uma dificuldade em fazer um levantamento de um número aproximado de caieiras que estão ativas e inativas ou quais são regulares e irregulares perante aos órgãos de fiscalização competentes, diante disso fica mais difícil ter informações sobre a produção da cal.

Sem os dados de números aproximados dessas caieiras em funcionamento não existe uma base para ter o conhecimento da quantidade cal produzida, de um controle de qualidade e até mesmo dos impactos que isso causa no meio ambiente e na economia local. Dessa forma, como podemos obter as informações relativas à produção de cal no município de Governador Dix Sept Rosado?

Com isso, o objetivo do trabalho é avaliar o impacto da instalação de caieiras na zona urbana do município. Para isso, será necessário georreferenciar as caieiras do município e comparar a atividade atual com a produção de anos anteriores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A cal é um aglomerante aéreo, em outras palavras, é um produto que reage quando entra em contato com o ar. Nesta reação, seus componentes se transformam em um material tão duro quanto a sua matéria prima. (BAUER, 1994).

A cal pode ser um dos produtos manuais mais antigos da humanidade, pois há registros do uso da cal em datas muito antes de cristo. Possivelmente o homem terá descoberto a cal no começo da idade da pedra no período paleolítico. E segundo estudos existem vestígios do uso da cal em locais onde atualmente é a Turquia que remontam um período de 12000 a 5000 anos A.C. Estudos realizados nos materiais que foram usados nos revestimentos das câmaras da pirâmide de Quéops e nas juntas dos blocos de calcário e granito da pirâmide Quéfren também revelaram a utilização da cal. Hoje, pelas inúmeras aplicações, a cal está entre os dez produtos de maior consumo do mundo. (COELHO,2009).

São apresentadas diversas variedades de cal, e a calcinação dessas rochas resulta na produção de óxido de cálcio puro, material esse que é de suma importância industrial (BAUER, 1994).

O termo cal é utilizado para constituir um produto com uma predominância de óxido de cálcio (CaO) e com óxido de magnésio (CaO MgO), resultantes de rochas calcárias, rochas calcárias magnesianas e dolomíticas. E de acordo com a quantidade de óxido de cálcio presente na cal, pode ser classificada como cal calcítica, cal magnesiana e cal dolomítica (PACO, 2021).

A calcinação da rocha calcária pura resulta na produção de óxido de cálcio puro, material esse de suma importância nas indústrias, onde alcança melhor preço que os produtos impuros normalmente utilizados na construção civil. Nas rochas calcárias naturais, o carbonato de cálcio é substituído com muita frequência pelo carbonato de magnésio, em menor ou maior proporção que não constitui impureza propriamente dita. Também há presenças de outras impurezas tais como a sílica, os óxidos de ferro e de alumínio, que acompanham os carbonatos (BAUER,1994).

Atualmente a cal abastece os setores industriais e não industriais de produção de materiais ferrosos e não ferrosos, cimento, celulose e papel, química, farmacêutica e higiene pessoal e alimentos bem como agricultura, silvicultura e piscicultura entre outras aplicações

de cunho ambiental. Alguns produtos onde a cal é integrante podem ser citados os adesivos, selantes, revestimentos, tintas, betumes, produtos como reguladores de PH, produtos para tratamento da água, cosméticos, entre outros. (JOHN; PUNHAGUI; CINCOTTO, 2014).

Por causa das suas propriedades, a cal tem um emprego muito importante, com uma enorme variedade na construção civil, e por meio de sua propriedade alcalinizante faz subir o PH dos solos, promovendo uma melhoria das trocas catiônicas, sendo muito requisitado na agricultura. (SINDICAL, S.D).

Até o século XX, a cal era o ligante mais utilizado em níveis de construção civil, entretanto com a descoberta do cimento Portland o uso da cal decaiu, pelo motivo do novo aglomerante endurece mais rápido, sendo assim diminuindo os prazos de obras e apresentando desempenhos mecânicos mais satisfatórios se comparado as argamassas feitas com cal. (COELHO, 2009)

A produção da cal tem uma grande importância na economia do Brasil, seja pela enorme quantidade de usos e pela quantidade significativa da rocha calcária como matéria-prima, hoje no Brasil apresenta uma enorme reserva dessas rochas, sendo responsável por milhões de toneladas anualmente.

O estado do Rio Grande do Norte contribui muito com essa produção, se destacando principalmente as cidades de Governador Dix Sept Rosado, Apodi, Felipe Guerra e Assu. Essa grande produção da cal se dá pode ser explicada pela presença de depósitos de rochas carbonáticas. O município de Governador Dix-Sept Rosado é onde se destaca nessa exploração, pois é o responsável por uma grande parte da renda da cidade.

2.1 Processo de produção

O processo exploratório e produtivo, na cidade de Governador Dix Sept Rosado, se localiza tanto nas proximidades das “minas” (zona rural) quanto na zona urbana do município. A produção da cal é feita de maneira rudimentar em fornos construídos artesanalmente. A estrutura, Figura 1, é definida em um muro de pedras de calcário com uma abertura para dentro através de um corredor por onde passa todo o combustível (lenha). O processo se inicia quando o forno é construído, formando uma caldeira de pedras devidamente encaixadas. (QUEIROZ E FREIRE, 2009).

Figura 1- Estrutura do forno



FONTE: AUTÓRIA PRÓPRIA, 2024.

A produção da cal é um processo que não é muito complicado, envolve a queima de rochas calcárias, magnesiana ou dolomítica para formar cal de composição correspondente (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000). Segundo (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000) esse processo produtivo é composto de quatro fases: extração da matéria prima, preparação, calcinação e hidratação.

Para extração da matéria-prima é necessária uma jazida de calcário, onde ocorre a preparação que consiste na diminuição das rochas em diâmetros menores. Após isso, esses blocos são transportados para o local onde se inicia o processo de calcinação. A figura 2 ilustra uma jazida de calcário.

Figura 2 - Matéria-prima para a produção da cal



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2024.

O interesse pela rocha calcária vem de sua composição que é basicamente constituída de carbonato de cálcio $[CaCO_3]$ e carbonato de magnésio $[MgCO_3]$ dentre outros, compostos estes que serão transformados na cal posteriormente. (SINDICAL, S.D).

Muitas vezes, a extração da rocha calcária é realizada de forma primitiva, sem a utilização de explosivos e muito menos de técnicas adequadas e em áreas que não são legalizadas para esse tipo de atividade. Geralmente os blocos de pedras são quebrados de forma manual através de usos de ferramentas como marretas até alcançar um tamanho ideal para a queima, e a calcinação é realizada em caieiras rústicas onde não tem um controle de temperatura. A Figura 3 ilustra a parte interna do forno utilizado para a queima do calcário.

Figura 3 - Estrutura de um forno para queima de calcário.



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2024.

De acordo com BAUER (1994), na calcinação do calcário natural, o carbonato de cálcio é submetido a ação do calor, em temperatura de $900^{\circ}C$, produzindo óxidos de cálcio e anidridos carbônicos. O combustível mais usado no processo da queima é a lenha, geralmente proveniente de cajueiros e algarobas. Porém também são usados pneus velhos, cascas de castanhas e entre outros materiais e todo o processo de queima leva aproximadamente três dias, segundo os forneiros locais.

Segundo BAUER (1994), o produto dessa calcinação contém em sua predominância óxidos de cálcio, exibindo estrutura porosa e formatos semelhantes aos grãos da rocha calcária, conhecida como cal viva ou cal virgem.

Em seguida, o produto deve passar por um processo de hidratação para se transformar em cal hidratada. O processo da hidratação do óxido de cálcio é feito em grande maioria

artesanalmente, pois se trata de uma execução simples e que duplica o volume do produto, entretanto, os clientes preferem sempre que possível comprar o material a forma de cal virgem e posteriormente hidratar. (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

2.2 Tipos de cal

2.3.1 CAL VIRGEM

Conforme NBR 6453 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p. 2) cal virgem é o produto obtido pela calcinação de carbonatos de cálcio e/ou magnésio, constituído essencialmente de uma mistura de óxido de cálcio e óxido de magnésio, ou ainda de uma mistura de óxido de cálcio, óxido de magnésio e hidróxido de cálcio.

A cal virgem em pedra é armazenada para resfriamento e posteriormente será alimentada ao moinho onde será britada e moída até que seja alcançada a granulometria desejada. Posterior a moagem o produto obtido é a CAL VIRGEM EM PÓ que é conduzida aos silos de armazenagem onde posteriormente será ensacada ou comercializada a granel. (SINDICAL, S.D).

2.3.2 CAL HIDRATADA

De acordo com a NBR 7175 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p. 2) A cal hidratada é obtida pela hidratação da cal virgem, constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Nesta etapa ocorre a reação de hidratação do óxido de cálcio e óxido de magnésio onde os mesmos são transformados em Hidróxido de Cálcio $[\text{Ca}(\text{OH}_2)]$ e Hidróxido de Magnésio $[\text{Mg}(\text{OH}_2)]$, esta reação se inicia quando a cal virgem entra em contato com a água

[H₂O]. A forma de hidratação bem como os equipamentos utilizados podem variar bastante de acordo com a linha produtiva. (SINDICAL, S.D).

A hidratação é uma reação exotérmica, acompanhada de um considerável aumento de volume. Na variedade cálcica com grande pureza, o processo é violento. E na variedade magnésiana, esse processo é mais lento, e por consequência, a produção de calor é menor. (BAUER,1994).

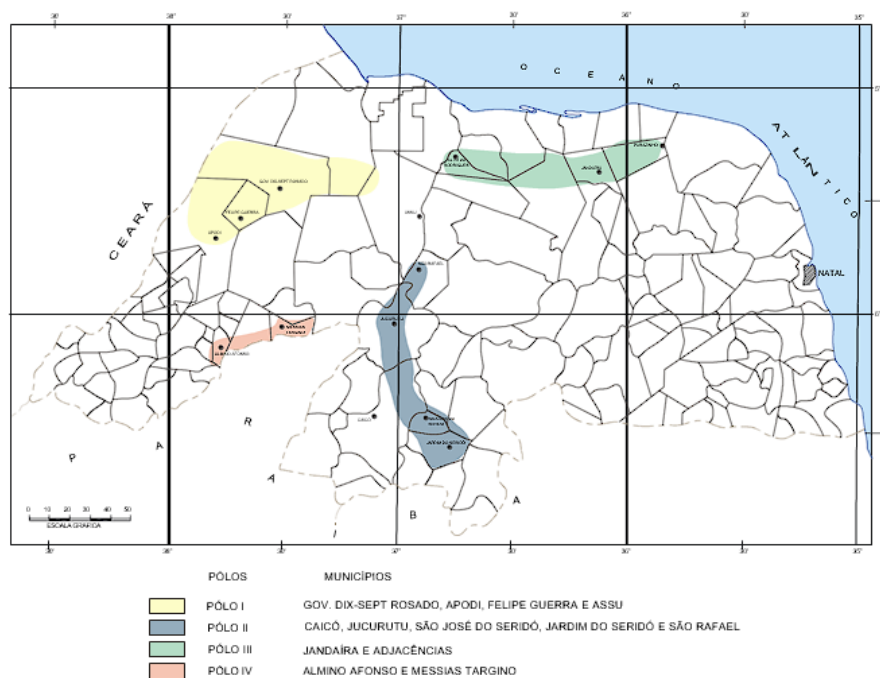
2.4 Produção da cal no brasil

Em 2013, a produção da cal do Brasil foi de aproximadamente 8,5 milhões de toneladas, deixando o país na quinta posição dos maiores produtores deste produto. No Brasil, a indústria da cal é marcada pela presença de grandes empresas nacionais e internacionais, que operam de forma a utilizar tecnologias avançadas, quanto de pequenas empresas que produzem a cal de formas artesanais. Naturalmente, é difícil estimar com precisão a quantidade de cal produzida sem algum tipo de licença ambiental. (JOHN; PUNHAGUI; CINCOTTO,2014).

Ainda de acordo como (JOHN; PUNHAGUI; CINCOTTO,2014), as principais regiões produtoras da cal no país são o sudeste e o sul, onde o estado de Minas Gerais representa 64% da produção. Seguidos pelos estados de São Paulo e Paraná com 10% cada.

Já no estado do Rio Grande do Norte, a produção da cal está distribuída em 17 municípios localizados em várias regiões, estes municípios foram divididos em polos de produção em razão de suas distribuições geográficas ou de algumas características específicas, sendo assim, foram divididos em 4 pólos de produção. (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000). A figura 4 apresenta o mapa do Rio Grande do Norte com a localização dos principais pólos produtores de cal.

Figura 4 - Localização geográfica dos polos produtores de cal.



FONTE: (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

O polo I é composto pelos municípios: Governador Dix Sept Rosado, Apodi, Felipe Guerra e Assu. Este polo é o principal produtor da cal no estado potiguar, neste pólo foram cadastradas 81 unidades produtoras, dessas, 45 estão ativas e 36 desativadas. O polo emprega direta e indiretamente 554 trabalhadores e produz 4308 toneladas de cal/mês. (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

O polo II é composto pelos municípios: Caicó, Jucurutu, São José do Seridó, Jardim do Seridó e São Rafael. Sendo o terceiro pólo mais importante do estado na produção da cal, onde foram cadastradas 41 unidades, sendo 21 ativas e 19 inativas. O polo emprega direta e indiretamente 193 trabalhadores e produz 540 toneladas de cal/mês. (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

O polo III é composto pelos municípios: Jandaíra, Pedra Preta, Parazinho, Alto do Rodrigues, Lajes e Carnaubais. Sendo o terceiro pólo produtor da cal do estado potiguar, é tido como o segundo pólo mais importante, neste foram cadastradas 52 unidades de produção, dessas, 35 estão em atividade e 17 estão desativadas. O polo emprega direta e

indiretamente 153 trabalhadores e produz 1928 toneladas de cal/mês. (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

O polo IV é composto pelos municípios: Almino Afonso e Messias Targino. Este é o quarto polo produtor de cal no estado, sendo cadastradas 10 unidades de produção, onde 6 ainda estão em atividade e 4 estão inativas. O polo emprega direta e indiretamente 39 trabalhadores e produz 176 toneladas de cal/mês. (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

3. METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa exploratória e qualitativa, que tem como objetivo avaliar o funcionamento das caieiras do município de Governador Dix Sept Rosado e quais impactos econômicos essa atividade causa. Para isso, a pesquisa foi dividida em três etapas de trabalho. Inicialmente, foram realizadas visitas in loco para verificar o funcionamento e localização das caieiras. A partir disso, utilizou-se um software para mapear a localização dessas caieiras, ajudando a ter uma melhor noção de como elas estão distribuídas e dos impactos que causam na região. Por último, com base nas duas etapas anteriores, será feita uma avaliação de cal, tendo como referência trabalhos anteriores, como as pesquisas de GOMES (2016) e MEDEIROS (2023).

3.1 Visitas in loco para a averiguação da situação das caieiras.

As visitas in loco para analisar a situação das caieiras foram de extrema importância para a coleta de dados. Através das pesquisas em trabalhos anteriores e da conversa com a população, foi possível identificar diversas caieiras no município. Em seguida, visitou-se presencialmente essas caieiras. As informações foram obtidas a partir de uma simples entrevista com os operadores das caieiras. Durante a visita, foi observada: as condições de trabalho; avaliar os métodos de produção da cal; informações sobre impactos econômicos.

3.2 Utilização de software para georreferenciamento das caieiras.

O georreferenciamento das caieiras foi feito usando o software QGIS, em um processo que envolve 3 etapas:

- Coletar as coordenadas in loco, garantindo que as informações de cada caieira fossem precisas. As caieiras que não foi possível realizar a visita in loco, utilizou-se o google earth como ferramenta de auxílio;

- Transportar os dados coletados para o software, realizando a marcação das caieiras no mapa;
- Foi usada a ferramenta georreferenciamento do software para ligar as informações coletadas a um sistema de referência espacial e assim permitindo visualizar a distribuição das caieiras no município, tendo como foco principal o estudo.

3.3 Avaliação da situação da produção de cal no município.

Para avaliar a situação da produção de cal no município será realizada a comparação das informações obtidas nas visitas e dois trabalhos já publicados sobre o tema. O primeiro é de GOMES (2016), que teve como objetivo principal a exploração de cal no município e o levantamento de caieiras ativas e inativas. E o segundo é de MEDEIROS (2023) que tem como foco descrever o processo de produção das indústrias caieiras e seus impactos causados na natureza.

4. RESULTADOS

4.1 Visitas in loco para averiguação da situação das caieiras.

As visitas in loco tiveram como objetivo obter informações sobre as condições das caieiras estudadas. Foram identificadas um total de 24 caieiras, das quais 21 estão ativas e três foram desativadas. Das 24 caieiras identificadas, foi possível realizar a visita de oito que ainda estão ativas, e nelas foi possível realizar uma conversa com os trabalhadores locais e coletar informações sobre a forma de produção da cal.

Inicialmente, o desafio para realização das visitas foram as estradas impróprias e caieiras localizadas em locais com difícil acesso. Na grande maioria das estradas se encontravam em péssimas condições, isso se dar pelo o fato que no dia da visita as caieiras coincidia com o período das chuvas na região, fazendo que as estradas fossem mais esburacadas e mais difíceis de transitar, o que complicou o acesso, tendo como consequência a limitação de caieiras que foram vistoriadas pessoalmente.

Nas caieiras que foram visitadas, mesmo não sendo o foco principal do trabalho, é importante destacar que foi notória a ausência de estruturas e de segurança para os trabalhadores. As condições de trabalho eram precárias. Alguns exemplos da precariedade são: falta de locais adequados para realizar refeições, banheiros inadequados para o uso expondo os trabalhadores a riscos de saúde e falta de controle de emissão de gases poluentes. A Figura 5 ilustra a infraestrutura de forno utilizado para queimar o calcário.

Figura 5 – Forno utilizado para queima do calcário



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Interações com trabalhadores locais são essenciais para o entendimento do cenário da real situação dessas caieiras, ajudando a identificar quais as práticas usadas nos processos de fabricação da cal e quais aspectos precisam de uma otimização. Agregar essas informações, juntamente com dados georreferenciados permite uma avaliação mais ampla na produção de cal.

A tabela 1 apresenta informações sobre o tempo de queima, o tipo de combustível utilizado na queima e o tipo de utilização da caieira, sendo o dono dessa caieira uma pessoa física ou uma empresa.

Tabela 1 – Informações coletadas nas caieiras visitadas

Caieira	Tempo médio de queima	Tipo de combustível utilizado na queima	Utilização
1	4 dias	Lenha de cajueiro e algaroba,	Própria
2	3 dias	Lenha de algaroba, pneus velhos e casca de castanha de caju	Terceirizada
3	3 dias	Lenha de cajueiro e algaroba	Terceirizada
4	3 dias	Lenha de cajueiro e algaroba.	própria
5	3 dias	Lenha de cajueiro e algaroba.	Própria

6	3 dias	Lenha de cajueiro e algaroba.	Própria
7	3 dias	Casca de castanha, pneus velhos e lenha de algaroba.	Terceirizada
8	4 dias	Lenha de cajueiro e algaroba e casca de castanha.	Própria

Fonte: Autoria própria

Em relação à queima do calcário, das oito caieiras, 75% levam um tempo médio de três dias para realizar a calcinação da rocha calcária. Essa diferença se dá pelo diâmetro da rocha usada durante a queima, já que a extração da rocha da natureza é realizada de forma manual em algumas jazidas, com auxílio apenas de marretas e picaretas. O local de extração da rocha também pode interferir no tempo de queima, pois em algumas jazidas o tipo de rocha extraída é de um calcário mais compacto fazendo que a sua densidade seja maior em comparação com rochas rocha metamórfica com uma aparência vitrificada conhecida na região como pedra vidrenta.

Em relação ao tipo de combustível utilizado para queima da rocha calcária, é possível notar a utilização da lenha de algaroba em todas as caieiras visitadas. Isso ocorre porque esta é uma espécie de planta que tem abundância na região. Além disso, a algaroba é uma planta de crescimento rápido, tendo como resultado um baixo custo na mão de obra e transporte. A lenha de cajueiro também é amplamente utilizada, já que essa lenha tem a decomposição da lenha durante a queima é mais controlada, levando mais tempo para ser consumida reduzindo o volume de lenha a ser usado, e uma alta disponibilidade na região.

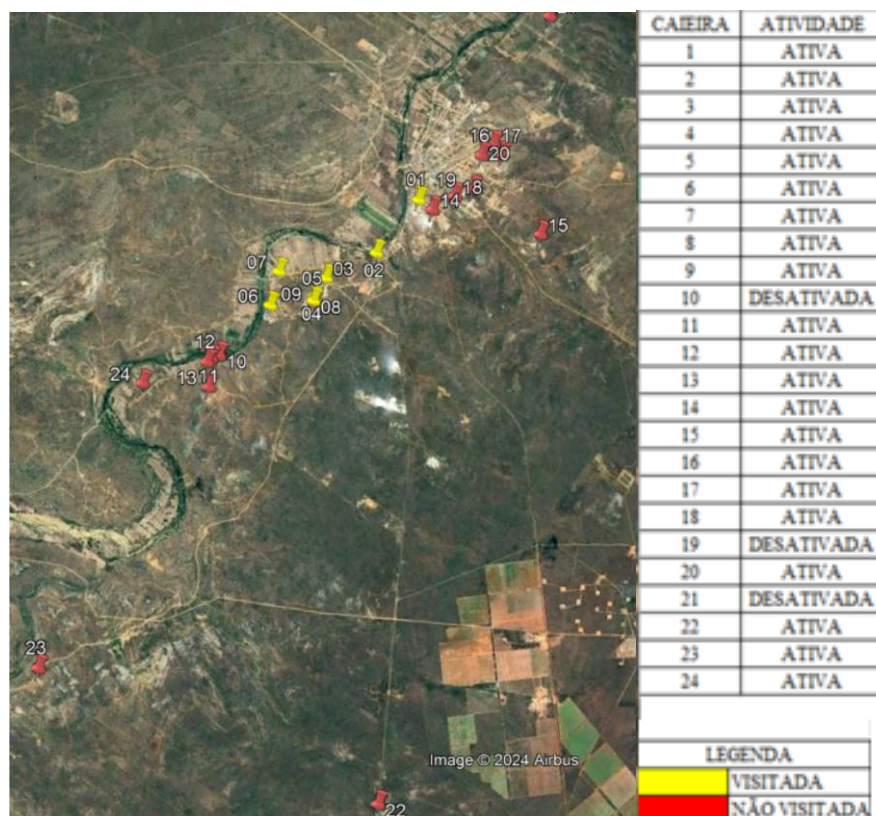
A casca da castanha, como combustível de queima, foi indicada por duas caieiras visitas. Elas possuem um alto teor de óleo, gerando muito calor na queima. Então, caso seja necessário aumentar a temperatura interna da caieira, é utilizado esse combustível. O último combustível mencionado foram os pneus velhos, já que além de gerar um aumento de calor, os entrevistados relataram também uma questão ambiental com a redução dos resíduos dispostos na natureza. Vale ressaltar que nenhuma das caieiras visitadas relatou a existência de avaliações sobre as emissões dos gases produzidos durante a queima do calcário. Para eles, percebeu-se um interesse dos produtores de cal no uso desses combustíveis, na tentativa de baratear ainda mais o processo de calcinação.

Das caieiras visitadas, cerca de 40% são terceirizadas por empresas que tem como finalidade a comercialização da cal. Essas empresas buscam a terceirização visando diminuir o preço de custo da tonelada do produto final e obtendo um percentual de lucro maior.

4.2 Utilização de software para georreferenciamento das caieiras.

O uso do software QGIS, permitiu criar um mapa detalhado mostrando a distribuição das caieiras nas limitações do município. Através do software QGIZ, foi possível ter uma visão detalhada e atualizada das localidades, ajudando a localizar mesmo as caieiras que por questões logísticas eram muito difíceis ter o acesso. Durante o estudo, realizou-se as marcações e anotações das coordenadas usando o software google Earth, que seria um facilitador das informações para o software QGIZ. O objetivo era coletar as localizações das caieiras no município e a figura 06 ilustra isso.

Figura 6 – Identificação das caieiras no Google Earth



FONTE: PRÓPRIO AUTOR.

Analisando a imagem acima podem ser identificadas 24 caieiras, das quais oito estão situadas na zona urbana do município, e tendo um total de 21 caieiras que ainda estão ativas na produção de cal. O motivo da maioria dessas caieiras serem encontradas nas zonas rurais deve-se pelo fato de uma extensão territorial maior, e por consequência locais mais amplos para estocar matéria prima e combustível para a queima, e grande parte dessas caieiras se concentram em uma localização perto de locais com captação de água, usado durante alguns processos de calcinação, nesse caso o rio Apodi-Mossoró. porém não encontrados estudos que comprovam a existência de impactos negativos dessas caieiras nos rios Cabe mencionar de como a população é em menor número na zona rural, logo isso traz menos impactos para as pessoas que residem perto dessas caieiras. É importante ressaltar que oito dessas caieiras foram visitadas, sendo sete localizadas na zona rural e uma na zona urbana da cidade.

Outros motivos que fazem com o que a maioria das caieiras sejam localizadas na zona rural se dá ao fato das jazidas de onde são extraídas a rocha calcária sejam localizadas também na zona rural, barateando assim o valor do transporte. E também o fato da poluição solos com lançamentos diretamente no solo de resíduos resultantes da calcinação, a poluição do ar com a fumaça gerada com a queima do combustível. E a poluição sonora causada pelos ruídos dos motores elétricos para manter a temperatura elevada.

Após a coleta dessas informações, as coordenadas foram transportadas para o software QGIS para a criação de um mapa georreferenciado que é apresentado na figura 07. para que o georreferenciamento seja eficaz, é importante ter um sistema de referência, que nesse caso, o mais usual no Brasil é o SIRGAS2000.

Figura 7 – Georreferenciamento das caieiras no software QGIZ



FONTE: PRÓPRIO AUTOR.

Este mapa pode ser um auxílio para a gestão de produção de cal, pelo motivo de não apenas mostrar com exatidão a posição de cada caieira, mas também permitindo que análises de riscos e impactos ambientais possam ser realizados, facilitando a concepção de meios de conjuntos de ações mais sustentáveis

4.3 Avaliação da situação da produção de cal no município.

Após a elaboração dos mapas e estudos realizados em pesquisas anteriores, pode-se fazer comparações que possibilitam ter um melhor entendimento do cenário atual da produção de cal no município de Governador Dix-Sept Rosado. E, também, chegar a recomendações de realizações de melhorias que possam maximizar a produção diminuindo os impactos causados na natureza.

4.3.1 comparando os mapas

Levando em consideração o estudo realizado por GOMES(2016) que segundo ele afirma ter contabilizado um número de 64 caieiras distribuídas ao longo de todo o território do município, desse total 34 estão localizadas na zona urbana e 30 na zona rural, entretanto, apenas 18 dessas caieiras estavam em funcionamento. comparando com o presente trabalho se obteve o total de 21 caieiras em atividade, um aumento de 15% em relação ao número de caieiras que ainda estão em produção. GOMES (2016) evidencia que não há uma regularidade em relação ao número de caieiras em atividade, pois essa atividade decorre da necessidade do mercado, sendo a uma exploração temporária.

MEDEIROS (2023) em sua pesquisa menciona que existem 48 caieiras ao total no município, sendo 28 na zona rural e 22 na zona urbana, porém não deixa claro o número de caieiras que ainda estão em atividade.

O período chuvoso faz com o que a produção da cal diminua o seu rendimento. As chuvas atrapalham o processo de produção, interferindo no transporte da matéria prima com a formação de alagamentos das estradas; e, dificulta o processo de calcinação, interferindo na qualidade da cal, sendo esse um fator que afeta negativamente a disponibilidade do produto final no mercado.

De acordo com GOMES(2016), a introdução de métodos de fabricação de cal mais sustentáveis, assim como a instalação de uma empresa de grande porte na extração e exploração de cal situada na cidade de Baraúnas, foi outro fator agravante para esse decréscimo na produção. Sendo assim, toda cal produzida no município é destinada a empresa mineradora da região.

Portanto, ao compararmos pesquisas anteriores com trabalhos atuais, pode-se perceber que a diminuição do número de caieiras é relativa a uma série de fatores econômicos, e talvez tecnológicos, deixando para trás métodos tradicionais e menos eficientes.

4.3.2 comparações com pesquisas anteriores

Ao comparar pesquisas anteriores com o estudo atual, pode-se observar uma evolução considerável nos métodos usados desde a extração do calcário da natureza até o seu processo final. Anteriormente, era comum a utilização de explosivos para facilitar a retirada da rocha do solo, entretanto, esse método foi abolido, pelo fato de ser mais muito perigoso e menos eficiente se comparada ao uso de máquinas escavadeiras.

Os trabalhos anteriores já destacaram os impactos ambientais como o desmatamento dos locais de extração do calcário e da poluição do ar causadas pela fumaça resultante da queima do combustível usado na calcinação, e atualmente esse problema ainda persiste, já que isso é constantemente comentado por pessoas que moram perto dessas fábricas de cal.

5. CONCLUSÃO

Em função do exposto nos resultados é possível afirmar que o objetivo da pesquisa foi atingido com sucesso. A pesquisa em campo foi feita, assim como o levantamento e georreferenciamento das caieiras e com isso pode-se ter um conhecimento mais abrangente da exploração da cal no município de Governador Dix Sept Rosado.

O georreferenciamento das caieiras assentiu mapear os locais de exploração de calcário e identificar questões importantes para a gestão territorial. A cidade não conta com nenhum meio de fiscalização sobre as caieiras de cal, assim, deixando sobre responsabilidade dos donos das caieiras e trabalhadores o uso consciente dos recursos naturais ainda disponíveis.

Com isso constata-se que é imprescindível a realização de pesquisas mais aprofundadas a fim de diminuir os impactos ambientais e maximização sobre os processos de fabricação da cal no município de Governador Dix Sept Rosado, que ao longo dos anos sempre foram realizados de forma instável.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6453: Cal Virgem para Construção Civil - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175: Cal Hidratada para Argamassas - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2002.

BAUER, L.A, Falcão. **Materiais de Construção: Novos Materiais para Construção Civil**. Vol. 1-5º Edição. Rio de Janeiro. LTC. 1994.

COELHO, Ana Zulmira; PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, Said. **A cal na Construção**. 2009.

GOMES, Fredson Alan. **Caracterização da Exploração da Cal no Município de Governador Dix Sept Rosado/RN**. 2016. 31PP. Trabalho de conclusão de curso (graduação em interdisciplinar em ciência e tecnologia) – UFERSA, Caraúbas.

JOHN, Vanderley M.; PUNHAGUI, Katia R. Garcia; CINCOTTO, Maria Alba. **Produção de cal. Economia De Baixo Carbono: Avaliação De Impactos De Restrições E Perspectivas Tecnológicas Ribeirão Preto-SP**, 2014.

MEDEIROS, Clarisse Karitja Sales. **Análise dos Impactos Socioambientais da Produção da Cal no Município de Governador Dix Sept Rosado/RN**. 2023. 48PP. Trabalho de conclusão de curso (graduação em interdisciplinar em ciência e tecnologia) – UFERSA, Caraúbas.

PACO, Andrey Lucas Manarin. **Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Argamassas Produzidas com Filito em Foz do Iguaçu**. 2021. 75pp. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil de Infraestrutura) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu.

QUEIROZ, R. A. de C.; FREIRE, G. S. S. **Exploração Do Calcário E Sua Matriz Energética No Município De Governador Dix-Sept Rosado - RN**. Revista Homem, Espaço e Tempo. Set. /Out. 2009.

RÊGO, José Maria; CARVALHO, Otacílio Oziel; LEITE, J. Y. P. **A indústria da CAL no Rio Grande do Norte**. SENAI/RN, Natal, 2000.

SINDICAL, Sindicato das Indústrias de Cal no Estado do Paraná (2000). **Histórico**. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/sindicatos/sindicalpr/historico-1-3302-19867.shtml>>. Acessado em: 01 de mar. De 2024.