

SIC
Secretaria de
Estado de
Indústria,
Comércio e
Serviços



Caderno 3
Desafios para a Geologia, Mineração e Transformação
Mineral

Relatório 8

Inovação e qualificação da
Indústria da Cerâmica

Organizadora
PROFA. ESTELA LEAL CHAGAS NASCIMENTO – UFG



**GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS -
GO**

SECRETARIA DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E
SERVIÇOS - SIC

Caderno 3
**Desafios para a Geologia, Mineração e Transformação
Mineral**

Relatório 8

**Inovação e qualificação da
Indústria da Cerâmica**

Goiânia, fevereiro de 2024

**CONTRATO Nº 08/2022 - SECRETARIA
DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E
SERVIÇOS – SIC**

**PLANO ESTADUAL DE RECURSOS MINERAIS DE
GOIÁS - PERM 2022-2042**

**Caderno 3
Desafios para a Geologia, Mineração e Transformação
Mineral**

Relatório 8

**Inovação e qualificação da
Indústria da Cerâmica**

**Organizadora
PROFA. ESTELA LEAL CHAGAS NASCIMENTO – UFG**

**Goiânia,
Universidade Federal de Goiás**

2024

Autores

Débora Nogueira Lopes

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Graduada em Geologia – Universidade Federal do Ceará (UFC)

Mestre em Ciências Naturais - Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN)

Doutora em Geologia - Universidade Federal do Ceará (UFC)

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2522491788797762>

Estela Leal Chagas do Nascimento

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Graduada em Geologia – Universidade de Brasília (UnB)

Mestre em Geologia Econômica – Universidade de Brasília (UnB)

Doutora em Geologia Econômica e Petrologia - Universidade de Brasília (UnB).

Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2417642850535273>

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras, portadoras de depósitos de argila para uso em cerâmica vermelha e revestimentos via seca** 06
- Figura 2: Processo de fabricação de cerâmica vermelha** 10
- Figura 3: Municípios que fazem parte do arranjo produtivo de cerâmica vermelha do Norte Goiano** 14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de tecnologia utilizadas nas etapas de produção da cerâmica vermelha do Norte de Goiás 16

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1. Introdução	2
2. Cerâmica vermelha	3
2.1 Depósitos de argila para produção de cerâmica	6
3. Insumos minerais para cadeia produtiva da indústria da cerâmica	9
4. Arranjos Produtivos Locais (APLs)	12
4.1 APL cerâmica vermelha do Norte Goiano	14
5. Ações Estratégicas	17
6. Inovação	18
7. Conclusões	20
Referências	21

Apresentação

Este relatório faz parte do eixo “Integração das Cadeias produtivas do Estado de Goiás” do Contrato 08/2022 – SIC, assinado em 04.11.2022 que tem como objeto a elaboração e execução do projeto de pesquisa denominado PLANO ESTADUAL DE RECURSOS MINERAIS DE GOIÁS – PERM 2022 - 2042. O conteúdo apresenta a versão 1 do Relatório 3.8 “Inovação e qualificação da indústria da cerâmica”.

1. Introdução

Minerais e rochas desempenham um papel significativo na indústria cerâmica, onde são utilizados na produção de diversos produtos cerâmicos, incluindo pisos e azulejos. Os corpos cerâmicos são compostos por uma mistura de matérias-primas que são cuidadosamente selecionadas e preparadas para atender aos requisitos específicos do produto desejado. A composição dos corpos cerâmicos pode variar amplamente dependendo do tipo de cerâmica a ser produzida, suas propriedades desejadas e o processo de fabricação. No entanto, os principais componentes comuns encontrados na composição desses corpos incluem, material argiloso, material não-argiloso, aglutinantes e ligantes, água e outros aditivos (Callister, 1991). Neste contexto, a cerâmica vermelha, minerais argilosos, uma variante importante da indústria cerâmica, desempenham um papel ainda mais significativo, pois são a principal matéria-prima utilizada na produção de tijolos, telhas e outros produtos característicos desse segmento.

O estado de Goiás, destaca-se na produção de cerâmicas vermelhas, aproveitando os abundantes depósitos de argilominerais encontrados na região. Estes depósitos constituem uma fonte essencial de matérias-primas para a indústria cerâmica e desempenham um papel importante na economia local.

A exploração e o aproveitamento responsável desses depósitos de argilominerais são essenciais para garantir a sustentabilidade da indústria cerâmica em Goiás. Isso envolve práticas de mineração ambientalmente conscientes, que minimizam os impactos negativos no ecossistema local e promovem a reabilitação de áreas degradadas após o término da extração.

A produção cerâmica em Goiás, alimentada por esses recursos minerais, desempenha um papel vital na economia do estado, gerando empregos, impulsionando o desenvolvimento regional e contribuindo para a geração de renda das comunidades locais.

Dentre os diversos polos produtivos presentes em Goiás, o Arranjo Produtivo Local (APL) de Cerâmica Vermelha do Norte Goiano se destaca, consolidando sua presença e competitividade ao longo dos anos. O APL, por sua vez, é uma iniciativa que visa fomentar a inovação e o desenvolvimento sustentável da indústria cerâmica na região, promovendo uma integração eficaz das empresas e estabelecendo práticas colaborativas.

Neste contexto, a inovação torna-se um elemento-chave, permitindo que o setor cerâmico de Goiás se adapte às demandas do mercado e às normativas ambientais, mantendo sua competitividade. Portanto, a inovação não apenas impulsiona o desenvolvimento tecnológico e a melhoria dos processos produtivos, mas também desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade ambiental e social do setor cerâmico em Goiás. Ao adotar práticas inovadoras, como a otimização dos processos de produção, o desenvolvimento de novos produtos ecoeficientes e a implementação de sistemas de gestão ambiental, as empresas do APL podem garantir sua viabilidade a longo prazo e contribuir para o crescimento sustentável da indústria cerâmica no estado.

Este texto explorará os insumos minerais utilizados na indústria da cerâmica, com um foco especial na cerâmica vermelha, os depósitos de argilominerais em Goiás, a produção cerâmica no estado, o APL e o papel da inovação no desenvolvimento sustentável deste setor industrial.

2. Cerâmica vermelha

Conforme Santos e Silva (1995), a cerâmica vermelha compreende a produção de diversos produtos, tais como tijolos maciços, blocos cerâmicos, telhas, lajotas, tubos, componentes de lajes (tabelas) e outros, obtidos através do processo de moldagem, secagem e queima de argila. A tonalidade avermelhada que os caracteriza após a queima justifica sua denominação como cerâmica vermelha.

As matérias-primas essenciais para a cerâmica vermelha são basicamente, sedimentos pelíticos que podem ser encontrados tanto na forma consolidada quanto na forma inconsolidada. Incluem argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos, e apresentam uma característica marcante de adquirir uma tonalidade avermelhada (Carvalho, 2001) quando submetidas a temperaturas variando entre 800 e 1.250°C. Essas argilas tendem a ter uma granulometria extremamente fina e, quando combinadas com certos níveis de umidade, adquirem diferentes níveis de plasticidade devido à incorporação de matéria orgânica (Junior *et al.*, 2008).

O componente cerâmico principal em muitos casos é a argila que são escolhidos com base nas propriedades desejadas do produto final, como plasticidade, cor, resistência e comportamento durante a queima (Brown, 1995). Além da argila, outros materiais não-argilosos podem ser adicionados para aprimorar as propriedades da

massa cerâmica. Isso pode incluir feldspato, quartzo, calcário, dolomita e talco (Oliveira, 2008). Cada um desses materiais contribui com características específicas, como redução da temperatura de queima, resistência mecânica e durabilidade.

A água é um componente crítico na produção de corpos cerâmicos, pois é usada para misturar e moldar a massa cerâmica (Oliveira, 2008). A quantidade de água e a sua distribuição uniforme são controladas para obter a consistência desejada.

Neste contexto, vamos focar nos materiais argilosos, especialmente aqueles usados na fabricação de cerâmica vermelha, ou também denominados de cerâmica estrutural.

Os argilominerais são um grupo de minerais que se formam por meio de processos geológicos, incluindo a alteração de minerais precursor, intemperismo, diagênese e metamorfismo. Eles são frequentemente encontrados em solos, sedimentos, rochas sedimentares e metamórficas. A formação de argilas é um processo complexo e envolve a interação de água, minerais e tempo. Eles são caracterizados por sua estrutura cristalina em camadas ou folhas (Dana & Hurlbut, 1960), que em geral consistem em tetraedros de sílica (SiO_4) e octaedros de alumínio.

Os argilominerais exibem uma série de propriedades físicas e químicas distintas, incluindo plasticidade, expansibilidade, reatividade química e capacidade de troca iônica. Suas propriedades variam de acordo com o tipo específico de argilomineral e as condições geológicas em que foram formados.

Os argilominerais devem apresentar algumas características fundamentais para se tornarem apropriados para a produção de produtos cerâmicos vermelhos. Entre essas características, incluem-se a facilidade de desagregação, uma granulometria adequada, uma combinação equilibrada entre materiais plásticos e não plásticos, uma composição mineralógica específica e uma resistência mecânica suficiente para prevenir deformações durante o manuseio e assegurar a resistência após o processo de queima (Dutra *et al.*, 2006).

Desse modo, para identificar e caracterizar a mineralogia dos argilominerais é necessário a utilização de técnicas analíticas, como:

- Difração de raios-X: uma técnica amplamente utilizada para identificar e caracterizar a estrutura cristalina de materiais, incluindo argilominerais. Nesta técnica, um feixe de raios-X é direcionado para uma amostra, e os raios-X difratados pela estrutura cristalina da amostra são detectados e analisados para determinar os

espaçamentos dos planos cristalinos. Com base nos padrões de difração obtidos, é possível identificar os minerais presentes na amostra e determinar suas proporções.

- Microscopia eletrônica de varredura (SEM): é uma técnica que permite a observação de amostras em uma escala microscópica, fornecendo imagens de alta resolução da superfície da amostra. Na análise de argilominerais, o SEM é frequentemente usado para estudar a morfologia e a textura das partículas, bem como para investigar as características superficiais, como porosidade e distribuição de elementos.

- Espectroscopia infravermelha (IR): técnica que utiliza a absorção de luz infravermelha pela amostra para identificar os grupos funcionais presentes nas moléculas. No caso dos argilominerais, a espectroscopia IR é útil para identificar os grupos de ligação presentes na estrutura das partículas, fornecendo informações sobre sua composição química e estrutura molecular.

- Análise de difração de raios-X (XRD): variação da difração de raios-X que se concentra na análise quantitativa da mineralogia de uma amostra. Nesta técnica, os padrões de difração de raios-X são comparados com um banco de dados de padrões de difração conhecidos para identificar os minerais presentes na amostra e determinar suas proporções quantitativas.

Essas técnicas analíticas são fundamentais para o estudo e a caracterização dos argilominerais e outros componentes presentes na indústria cerâmica, fornecendo informações detalhadas sobre sua composição, estrutura e propriedades, o que é essencial para otimizar os processos de produção e garantir a qualidade dos produtos finais.

Alguns exemplos de argilominerais incluem, a montmorilonita, caulinita, e a illita. A montmorilonita um dos argilominerais mais conhecidos e é parte da família das esmectitas. Ele é altamente expansível, o que significa que pode reter grandes quantidades de água e aumentar de tamanho quando hidratado (Rezende *et al.*, 2008). A montmorilonita também é frequentemente usada em perfuração de poços, na construção de diques de contenção e na indústria de petróleo.

A caulinita é outro argilomineral comum e é frequentemente associada a solos e argilas primárias. É o principal constituinte do caulim, um mineral de argila usado em cerâmica, papel, produtos farmacêuticos e cosméticos (Grim, 1958). A illita é um argilomineral não expansível que é frequentemente encontrado em rochas sedimentares e pode ser usado na fabricação de cerâmica.

Esses argilominerais desempenham um papel fundamental na produção de cerâmica vermelha devido às suas propriedades específicas e versatilidade, como plasticidade, coesão, resistência a altas temperaturas e versatilidade. Afinal, além de serem utilizadas na produção de tijolos e telhas, as argilas são usadas na fabricação de uma ampla variedade de produtos cerâmicos vermelhos, como vasos, pratos, canecas e esculturas. Em resumo, as argilas desempenham um papel crítico na produção de cerâmica vermelha, fornecendo as características necessárias para moldagem, resistência ao calor e durabilidade. Sua versatilidade permite a criação de uma variedade de produtos cerâmicos que são amplamente utilizados em construção, decoração e aplicações industriais.

2.1 Depósitos de argila para produção de cerâmica

O Brasil possui uma rica diversidade geológica e uma ampla distribuição de depósitos de argila destinados à indústria cerâmica. Essa abundância de recursos minerais é resultado da complexa história geológica e da evolução geomorfológica do território brasileiro. Esses depósitos de argila podem ser classificados com base no contexto geológico em dois tipos principais: argilas quaternárias e argilas provenientes de bacias sedimentares (Junior *et al.*, 2008) (Figura 1).

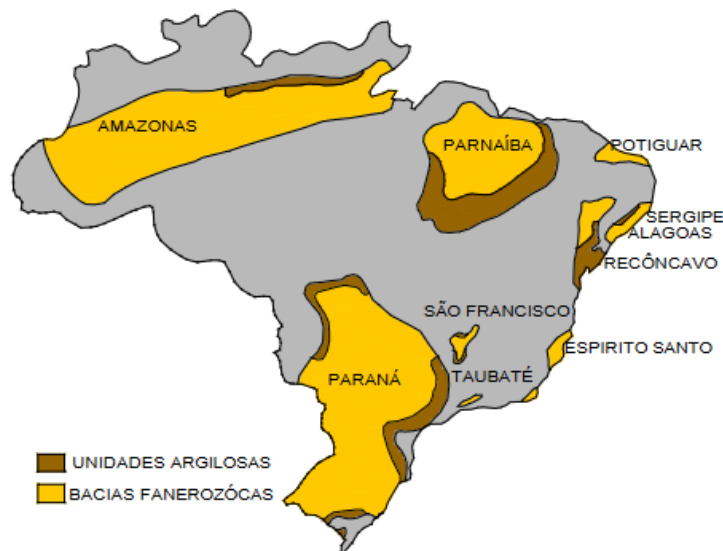


Figura 1: Distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras, portadoras de depósitos de argila para uso em cerâmica vermelha e revestimentos via seca

Fonte: Junior *et al.*, 2008 *apud* Motta *et al.*, 2004

As argilas quaternárias são aquelas que se formaram durante o período

geológico quaternário, que abrange os últimos 2,6 milhões de anos até o presente. Esse período é marcado por mudanças climáticas, glaciações e ação de processos geológicos recentes. As argilas quaternárias podem ser encontradas em diversas regiões do Brasil e são frequentemente associadas a depósitos aluviais, fluviais e lacustres. Ação de rios, lagos e variações climáticas levou à deposição de sedimentos finos, incluindo argilas, em áreas de vales e planícies de inundação. Essas argilas são frequentemente de alta qualidade e são usadas na indústria cerâmica para a produção de tijolos, telhas, pisos e revestimentos (Junior *et al.*, 2008).

Já as argilas provenientes de bacias sedimentares são resultado de processos geológicos que ocorreram ao longo de milhões de anos. Elas podem ser encontradas em camadas mais profundas, muitas vezes associadas a outras rochas sedimentares, como na Bacia do Paraná, na Bacia do Parnaíba e na Bacia Sedimentar do Amazonas, onde argilas mais antigas e profundas podem ser encontradas (Junior *et al.*, 2008).

A disponibilidade desses depósitos de argila em todo o Brasil é um recurso valioso para a indústria cerâmica. As argilas são matérias-primas essenciais que permitem a produção de materiais de construção, produtos cerâmicos de revestimento, utensílios domésticos e muito mais. A diversidade geológica do país oferece uma ampla variedade de argilas com diferentes características físicas e químicas, atendendo às necessidades específicas da indústria e contribuindo para o desenvolvimento econômico e a construção de infraestrutura em todo o território brasileiro.

A região Norte de Goiás é uma área com uma rica tradição na produção de cerâmica vermelha, incluindo tijolos, telhas e outros produtos cerâmicos. A geologia dessa região desempenha um papel fundamental na disponibilidade e qualidade das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica. Nessa área, encontramos uma variedade de depósitos de argila que são explorados para atender à demanda do setor cerâmico. Esses depósitos apresentam diversidade em termos de contextos geológicos e litologias associadas, as bacias fanerozóicas e os depósitos cenozóicos.

A geologia dessa região oferece uma base sólida para a indústria cerâmica, fornecendo matérias-primas de qualidade para a produção de produtos cerâmicos. A interação entre as diferentes formações geológicas e os processos naturais que ocorrem na região influenciam a disponibilidade, a composição e a adequação das argilas utilizadas na indústria cerâmica local.

2.3 Contexto da produção de cerâmicas

A cerâmica vermelha é um componente do setor de minerais não metálicos na Indústria da Transformação Mineral. Ela faz parte do Complexo da Construção Civil. No Brasil, o setor de cerâmica vermelha engloba diversos produtos, tais como blocos, tijolos, telhas, elementos vazados, lajes, lajotas, ladrilhos vermelhos, tubos, agregados leves e uma variedade de outros produtos, como argilas piroexpandidas, objetos ornamentais e utensílios domésticos. Este setor brasileiro é fundamental como fornecedor de materiais para construção civil.

A escolha do local para instalação das fábricas é principalmente influenciada por dois fatores: a disponibilidade da matéria-prima, devido à grande quantidade processada, e a proximidade dos centros consumidores, visando a redução dos custos de transporte. A renda gerada por este segmento tende a permanecer nas regiões de produção, gerando um impacto econômico e social significativo. A mineração de argila é predominantemente composta por minas de pequeno porte, com um baixo valor unitário, frequentemente operando exclusivamente para abastecer suas próprias cerâmicas ou os mercados locais (Junior *et al.*, 2008).

O grande número de pequenas unidades produtivas distribuídas em diversos estados resulta em uma carência de dados estatísticos de produção e indicadores de desempenho consolidados, ferramentas essenciais para monitorar o desenvolvimento e a competitividade do setor.

Para obter informações sobre a indústria cerâmica, é possível consultar associações, sindicatos e publicações. Segundo dados do IBGE de 2021 e do Cadastro Central de Empresas - CEMPRE de 2021, alguns números relevantes incluem:

- Número de cerâmicas e olarias no Brasil: 5.578 empresas
- Produção anual de telhas cerâmicas: 2.261.565.000 unidades
- Produção anual de blocos cerâmicos: 5.896.037.000 unidades
- Produção anual de outros acessórios cerâmicos: 470.550 toneladas

Em Goiás, um estado com rica geologia, depósitos de argilominerais são encontrados e são uma fonte vital de matérias-primas para várias indústrias, incluindo a cerâmica. Os argilominerais em Goiás são frequentemente encontrados em formações geológicas sedimentares e podem variar em tipo e composição, dependendo da região. Além dos argilominerais mencionados, Goiás também possui uma variedade de outros, como halloysita, esmectita e caulinita, que têm aplicações específicas em diferentes setores.

Os dados sobre a indústria cerâmica em Goiás são limitados. Em 2014 o

programa do Governo do Estado de Goiás, o FUNMINERAL (Fundo de Fomento a Mineração) executado pela Secretaria de Indústria e Comércio publicou informações acerca do cenário ceramista da APL da região norte do estado. Na qual, abordava que a falta de investimento em infraestrutura e a utilização de equipamentos antigos afetavam a eficiência e a qualidade da produção cerâmica. A ausência de uma estrutura administrativa robusta é comum em muitas pequenas empresas. Isso leva a desafios na gestão financeira e logística. A falta de mão de obra, tanto braçal quanto especializada, é um problema recorrente em muitos setores, incluindo a indústria cerâmica. E isso limita a capacidade de produção das empresas.

Todas essas questões indicam a necessidade de um esforço coordenado entre o setor privado, o governo e as organizações relacionadas para melhorar a competitividade e a sustentabilidade da indústria cerâmica na região. Além disso, é importante que as empresas estejam abertas à inovação, à capacitação e à busca de soluções que as ajudem a superar esses desafios e a prosperar no mercado.

3. Insumos minerais para cadeia produtiva da indústria da cerâmica

Para a fabricação de produtos cerâmicos, é fundamental assegurar uma consistência no fornecimento de matérias-primas para a composição das misturas cerâmicas, especialmente quando se trata das especificações individuais de cada insumo.

É importante ressaltar que a introdução de uma determinada matéria-prima na massa cerâmica tem o potencial de afetar as reações que ocorrem durante a queima, resultando em modificações no comportamento da massa final e nas propriedades do produto acabado.

Portanto, o fornecimento de insumos minerais para a indústria cerâmica é uma parte essencial do processo de produção. Esses minerais e matérias-primas são adquiridos de diversas fontes e, muitas vezes, passam por várias etapas de processamento antes de serem utilizados na fabricação de cerâmica. A seguir, descreve-se o processo geral de fornecimento desses insumos minerais à indústria cerâmica (Figura 2).

A primeira etapa envolve a mineração e a extração dos minerais e matérias-primas necessárias para a indústria cerâmica. Isso pode incluir a extração de argilas, feldspato, quartzo, calcário, dolomita e outros minerais de depósitos naturais. As

minas podem ser subterrâneas ou a céu aberto, dependendo da geologia da região e do tipo de mineral a ser extraído. Os minerais brutos extraídos são frequentemente processados e beneficiados para atender às especificações da indústria cerâmica. Isso pode envolver a moagem, peneiramento, lavagem, separação magnética e outras etapas de processamento para reduzir o tamanho das partículas, remover impurezas e melhorar a qualidade do material.

Após o beneficiamento, os minerais são armazenados em locais adequados, como silos ou pátios de estocagem, aguardando o transporte para a fábrica cerâmica. É importante manter as matérias-primas em condições adequadas para evitar contaminação ou alterações indesejadas. Os minerais e matérias-primas são transportados da mina ou do local de armazenamento para a fábrica cerâmica. Isso pode envolver o uso de caminhões, trens ou navios, dependendo da distância e da logística envolvida.

Na fábrica cerâmica, os insumos minerais são recebidos e passam por um controle de qualidade para garantir que atendam às especificações exigidas para a produção cerâmica. Isso pode incluir análises químicas e físicas das matérias-primas.

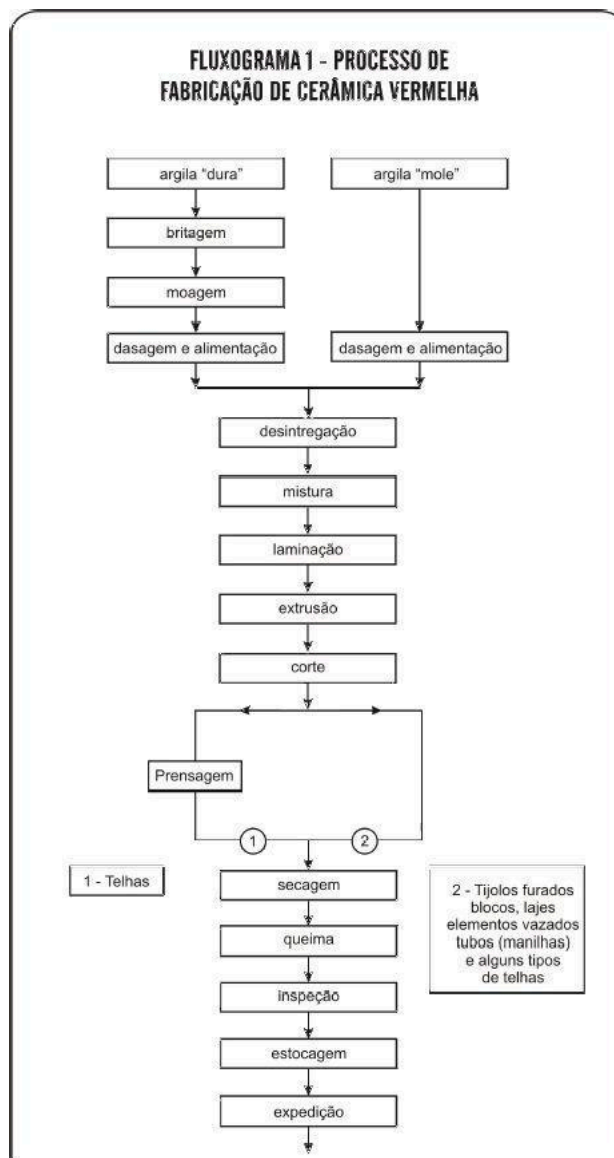


Figura 2: Processo de fabricação de cerâmica vermelha

Fonte: Associação Brasileira de Cerâmica

Com base nas características das matérias-primas recebidas e nas especificações do produto cerâmico desejado, a fábrica cerâmica formula a massa cerâmica, determinando a proporção de cada insumo mineral a ser usado. As matérias-primas são misturadas e processadas de acordo com o método de produção cerâmica escolhido. Isso pode ser feito de várias maneiras, incluindo, a extrusão, onde a argila é forçada através de moldes para criar tijolos ou telhas com formato uniforme. Por meio do molde manual, na qual os ceramistas moldam manualmente a argila em formas específicas. Ou por meio da moldagem por prensagem, em que a argila é pressionada em moldes usando prensas hidráulicas para obter produtos com alta precisão (Cabral *et al.*, 2012).

Posteriormente, as peças cerâmicas recém-moldadas são colocadas em secadores para remover a umidade. A secagem é um processo crítico para evitar rachaduras e deformações durante o cozimento. E então as peças secas são colocadas em fornos de alta temperatura para a queima. A temperatura e o tempo de queima variam de acordo com o tipo de cerâmica e o produto desejado. Durante esse processo, a argila passa por transformações químicas que resultam na formação da cerâmica vermelha. Após a queima, as peças são resfriadas gradualmente no forno antes de serem removidas. Isso ajuda a evitar rachaduras devido a choques térmicos (Cabral *et al.*, 2012).

Essas peças cerâmicas podem ser submetidas a um processo de acabamento para melhorar a estética e a durabilidade. Isso pode incluir a aplicação de esmaltes, esmaltes coloridos ou a gravação de padrões. Posteriormente as peças cerâmicas acabadas são classificadas de acordo com critérios de qualidade, como tamanho, forma, cor e integridade. Produtos defeituosos são separados. E então as peças cerâmicas são embaladas e preparadas para distribuição (Silva & Maia, 2016).

O processo de produção de cerâmica vermelha pode variar em detalhes, dependendo do tipo de produto cerâmico, dos equipamentos e da tecnologia utilizados na fábrica. No entanto, essas etapas gerais são comuns à maioria das operações de cerâmica vermelha.

A consistência das características presentes nas matérias-primas minerais requer um fornecimento qualificado e regular. Para alcançar essa meta, é fundamental

estabelecer uma demanda precisa de recursos e empregar tecnologia apropriada. Além disso, a colaboração de especialistas tecnicamente qualificados é indispensável. Assim, a responsabilidade do setor não se limita apenas à busca por novos mercados, mas também à garantia da qualidade dos produtos em todas as etapas do processo de exploração e beneficiamento da matéria-prima: caracterização da jazida, planejamento e extração, beneficiamento e técnicas de preparação do produto final e expedição (Andrade *et al*, 2008).

4. Arranjos Produtivos Locais (APLs)

Arranjos Produtivos Locais (APLs) são uma estratégia de desenvolvimento econômico que se concentra na organização e no fortalecimento de grupos de empresas e instituições em um mesmo território geográfico, com o objetivo de promover a competitividade e a inovação em setores específicos (Martins, 2020).

Os APLs são caracterizados pela concentração geográfica de empresas, fornecedores, instituições de pesquisa, associações empresariais e outros atores relacionados a uma determinada indústria ou atividade econômica em uma área específica. Isso facilita a interação, a troca de conhecimento e a cooperação entre os participantes. A proximidade física das empresas em um APL promove o compartilhamento de recursos, conhecimento e experiência. Isso pode incluir a colaboração na resolução de desafios técnicos, a busca por eficiências na cadeia de suprimentos e a criação de sinergias de inovação. Os APLs frequentemente se especializam em setores específicos nos quais a região possui vantagens competitivas, como habilidades técnicas, disponibilidade de matérias-primas ou mercados consumidores próximos. A colaboração entre os participantes dos APLs incentiva a inovação e o aprendizado coletivo. Isso pode levar ao desenvolvimento de novos produtos, processos e tecnologias (MDIC, 2011).

No Brasil, os Arranjos Produtivos Locais (APLs) começaram a receber atenção e apoio do governo brasileiro nas últimas décadas. Um marco importante foi a criação da antiga Secretaria de Desenvolvimento da Produção, atual Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Indústria que faz parte do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, e deu suporte à implementação e ao fortalecimento dos APLs no país.

A criação das Arranjos Produtivos Locais (APLs) no Brasil não está vinculada a uma lei específica, mas sim a uma política de desenvolvimento regional e industrial. A promoção e o apoio aos APLs são parte das estratégias de desenvolvimento econômico do governo brasileiro.

A promoção dos APLs tem sido realizada por meio de diversos órgãos governamentais, como o Ministério da Economia, o Banco do Nordeste, o Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), entre outros. Esses órgãos fornecem apoio técnico, financeiro e institucional para o desenvolvimento e fortalecimento dos APLs em todo o país.

Embora não exista uma lei específica que tenha criado os APLs, o conceito e a promoção desses arranjos fazem parte das políticas públicas de desenvolvimento econômico do Brasil, visando fortalecer a economia local e regional. Portanto, a atuação dos APLs é regulamentada por diretrizes, programas e iniciativas governamentais que visam estimular a cooperação entre empresas e instituições em prol do desenvolvimento econômico local.

Os Arranjos Produtivos Locais de base mineral no Brasil começaram a receber atenção significativa nas últimas décadas, com a crescente compreensão do potencial econômico e social dos recursos minerais em várias regiões do país. A criação e identificação de APLs de base mineral no Brasil geralmente envolvem um processo de reconhecimento e mapeamento de regiões que possuem concentrações de empresas e instituições relacionadas à indústria mineral. A Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia (MME) desempenha um papel importante na promoção e no reconhecimento desses APLs (Martins, 2020).

Esses APLs de base mineral são concentrações geográficas de empresas e instituições que operam na indústria extrativa e de transformação de minerais. Eles desempenham um papel fundamental no desenvolvimento regional e econômico de regiões ricas em recursos minerais. São caracterizados pela proximidade geográfica de empresas e instituições envolvidas na exploração, extração, processamento e uso de recursos minerais (Souza *et al.*, 2011). Essa proximidade facilita a cooperação e a sinergia entre os participantes. Tais arranjos podem abranger uma ampla gama de atividades, desde a mineração propriamente dita até a transformação e a comercialização de minerais e produtos minerais. Isso inclui empresas de mineração, empresas de processamento, fabricantes de produtos finais, fornecedores de equipamentos, instituições de pesquisa e desenvolvimento, entre outros. Os APLs de

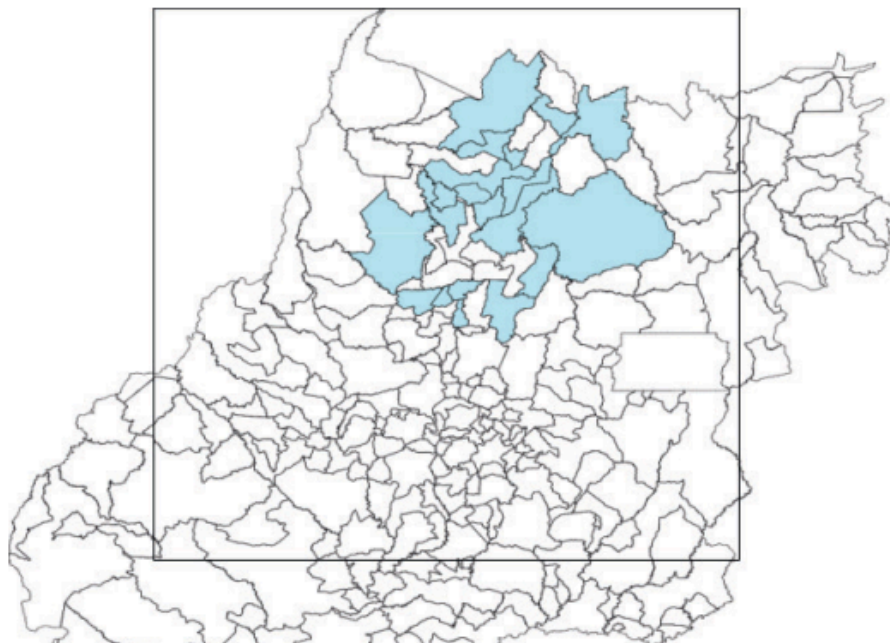
base mineral contribuem para o desenvolvimento econômico das regiões em que estão localizados, gerando empregos e estimulando a economia local.

A proximidade de empresas relacionadas ao setor mineral pode aumentar a competitividade por meio da redução de custos e do acesso a mercados locais e regionais. A colaboração entre empresas e instituições de pesquisa em um APL promove a inovação, levando ao desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento de produtos e processos. Existem diversos APLs de base mineral no Brasil, que se concentram em diferentes tipos de minerais e rochas, como argilominerais, rochas ornamentais, minerais metálicos, entre outros (Souza *et al.*, 2011).

Os APLs de base mineral desempenham um papel significativo no desenvolvimento regional e econômico, contribuindo para a geração de empregos, a promoção da competitividade e o aproveitamento sustentável dos recursos minerais. Eles representam uma estratégia importante para o setor mineral brasileiro e são uma parte essencial da economia de várias regiões do país, incluindo o estado de Goiás.

4.1 APL Cerâmica Vermelha do Norte Goiano

O conglomerado de produção de cerâmica vermelha com sede na cidade de Porangatu é formalmente conhecido como APL da Cerâmica Vermelha do Norte Goiano. Também referido como, esse agrupamento abrange diversas empresas de cerâmica vermelha. Ele está situado na região Centro-Noroeste de Goiás, englobando os municípios de Uruaçu, Mara Rosa, Niquelândia, Porangatu, Estrela do Norte, Trombas, Mutunópolis, Santa Teresinha de Goiás, Campos Verdes, Nova Glória, Rubiataba, Campos Verde, Crixás, Barro Alto, Goianésia, Rialma, Campinorte, Campos Verdes,



Ipiranga de Goiás, Alto Horizonte e Minaçu (Ferreira, 2017), como indicado na Figura 3.

Figura 3: Municípios que fazem parte do arranjo produtivo de cerâmica vermelha do Norte Goiano

Fonte: Aulicino *et al.*, 2014 *apud* DTTM/SGM/MME 2014.

O APL foi formalizado em março de 2007. Sua criação envolveu uma iniciativa da governança local do APL, que solicitou à Rede Goiana de Apoio aos APLs a realização de um seminário para a elaboração de um planejamento estratégico. O seminário contou com a participação de entidades locais e estaduais, incluindo a SECTEC, FUNMINERAL e SENAI-GO (Ferreira, 2017).

As empresas no APL estão envolvidas na produção de uma variedade de produtos de cerâmica vermelha, incluindo tijolos, telhas, blocos de vedação e lajotas. A produção total de cerâmica vermelha na região é significativa e contribui para o desenvolvimento econômico local. A maioria das empresas envolvidas no APL da Cerâmica Vermelha do Norte Goiano são de natureza familiar e de pequeno porte. Elas são caracterizadas por um grau considerável de informalidade, baixo nível tecnológico e controle limitado de processos, produtos e gestão (Ferreira, 2017).

A indústria de cerâmica vermelha no Norte Goiano destaca-se como um setor essencial, impulsionando a construção civil na região e contribuindo para o desenvolvimento econômico local. Atualmente, a área abriga um total de 18 empresas dedicadas à produção de materiais cerâmicos, desempenhando um papel crucial no fornecimento de insumos para obras residenciais, comerciais e industriais.

No que diz respeito à produção atual, os números revelam a robustez e a relevância do setor. No segmento de telhas, as empresas do Norte Goiano estão gerando um volume de 30.000 milheiros, evidenciando a demanda constante por esses materiais na construção e manutenção de coberturas.

No que tange aos blocos de vedação e tijolos furados, a produção atinge a marca de 60.000 milheiros. Esse segmento é fundamental na construção de estruturas sólidas e duráveis, sendo utilizado em uma variedade de projetos, desde residências até grandes empreendimentos comerciais. O volume de produção reflete a importância estratégica desses materiais na infraestrutura da região e o papel significativo que as empresas de cerâmica vermelha desempenham nesse contexto.

As canaletas, por sua vez, representam um nicho específico, mas não menos importante. Com uma produção de 1.500 milheiros, as empresas do Norte Goiano contribuem para a eficiência dos sistemas hidráulicos e de drenagem em diversas construções.

A APL de cerâmica vermelha no Norte Goiano, baseada em dados concretos, revela um setor dinâmico, onde cada etapa do processo produtivo desempenha um papel crucial na entrega de produtos cerâmicos de qualidade. A porcentagem de tecnologia utilizada reflete não apenas uma busca por eficiência, mas também um compromisso com a qualidade e sustentabilidade (Tabela 1).

Tecnologia utilizada	Porcentagem
Prospecção de caracterização de jazida	5%
Sazonamento de argila	60%
Mistura de argila no pátio	20%
Preparo de massa	5%
Secagem natural	80%
Secagem forçada semicontínua	20%
Queima em fornos caieira	0%
Queima em fornos abóbadas	95%
Queima em fornos contínuos	5%
Grau de automatismo de processo produtivo	15%
Enfardamento e paletização	2%

Tabela 1: Porcentagem de tecnologia utilizadas nas etapas de produção da cerâmica vermelha do Norte de Goiás

A soma dessas porcentagens reflete uma abordagem holística, onde a tecnologia não é apenas uma ferramenta, mas um alicerce para a excelência em todas as fases do processo produtivo.

Quanto à estimativa de consumo de argila, 60.000 ton/ano, e a estimativa de consumo de lenha/eucalipto, atingindo 90.000 m³/ano, mostram a escala substancial da operação, com uma produção alinhada às necessidades do mercado local.

Já a receita prevista de R\$ 69.500.000,00 é um indicativo sólido do econômico da APL de cerâmica vermelha do Norte Goiano. Esse valor não apenas reflete a situação financeiro das empresas locais, mas também destaca a importância do setor na geração de empregos e no impulsionamento da economia regional.

O APL da Cerâmica Vermelha do Norte Goiano desempenha um papel importante no desenvolvimento econômico da região. Ele gera empregos e estimula a

economia local, contribuindo para o crescimento da região do Norte Goiano. Assim como outros APLs, o APL da Cerâmica Vermelha enfrenta desafios relacionados à inovação, competitividade e sustentabilidade. A busca por inovação, novas tecnologias e práticas sustentáveis é fundamental para garantir a viabilidade a longo prazo do setor cerâmico na região.

5. Ações Estratégicas

As ações estratégicas são fundamentais, pois impactam diretamente no seu desenvolvimento, eficiência operacional e sustentabilidade. As ações estratégicas propostas para o desenvolvimento do setor cerâmico no contexto da região sugerem uma abordagem holística que considera não apenas a eficiência produtiva, mas também a sustentabilidade ambiental e social, como:

1. Diminuir o Impacto no Meio Ambiente e Diversificação de Atividades:

- *Objetivo:* Reduzir o impacto ambiental da extração mineral e promover o desenvolvimento sustentável.
- *Estratégia:* Recuperar áreas mineralizadas e diversificar atividades, como piscicultura, fruticultura, horticultura, forrageiras e lazer. Isso não apenas revitaliza áreas degradadas, mas também cria oportunidades econômicas alternativas, promovendo a resiliência da região.

2. Avaliação e Legalização de Jazidas:

- *Objetivo:* Garantir o suprimento sustentável de matéria-prima e identificar novas fontes de qualidade.
- *Estratégia:* Realizar avaliação e legalização de jazidas para garantir a regularidade e a qualidade da matéria-prima. Isso contribui para a sustentabilidade da produção, assegurando um abastecimento consistente e evitando práticas extrativas prejudiciais.

3. Centro Tecnológico com Laboratório Físico:

- *Objetivo:* Aprimorar a qualidade da matéria-prima, desenvolver novos produtos e fortalecer o controle do processo produtivo.
- *Estratégia:* Estabelecer um centro tecnológico com laboratório físico para qualificação da matéria-prima, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos. Essa ação visa melhorar a eficiência e a inovação, promovendo também a capacitação da mão de obra e certificação dos produtos.

4. Reflorestamento na Região:

- *Objetivo:* Substituir o combustível em uso nativo e contribuir para a preservação ambiental.
- *Estratégia:* Implementar programas de reflorestamento na região norte, substituindo o uso de combustíveis nativos. Além de diminuir o impacto das florestas nativas, essa ação contribui para a preservação ambiental, gera empregos na atividade florestal e reduz as emissões de carbono.

Em resumo, as ações estratégicas são cruciais para a viabilidade e sucesso contínuo do setor, garantindo que esteja alinhado com as necessidades do mercado, seja capaz de enfrentar desafios e contribua para o desenvolvimento sustentável.

6. Inovação

O Arranjo Produtivo Local (APL) de cerâmica vermelha é uma concentração geográfica de empresas e instituições que atuam na produção e comercialização de cerâmica vermelha, que engloba produtos como tijolos, telhas e blocos. A inovação é um componente fundamental para o desenvolvimento sustentável e competitividade desse setor.

O processo de inovação nesse contexto envolve várias etapas e desafios (Guerra, 2010), como:

- Identificação de Necessidades e Oportunidades
- Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
- Colaboração entre Empresas
- Capacitação e Treinamento
- Acesso a Recursos Financeiros
- Adoção de Práticas Sustentáveis
- Monitoramento e Avaliação
- Comercialização e Difusão

Antes de iniciar qualquer processo de inovação, é fundamental identificar as necessidades do mercado e as oportunidades de melhoria dentro do setor de cerâmica vermelha. Isso pode envolver análises de mercado, feedback dos clientes e monitoramento das tendências tecnológicas e regulatórias.

As empresas no APL podem investir em pesquisa e desenvolvimento para criar novos produtos, processos ou melhorias em produtos existentes. Isso pode envolver a busca por materiais mais eficientes, métodos de produção sustentáveis ou a criação de

produtos inovadores, como tijolos ecológicos. A colaboração entre empresas do APL é essencial para promover a inovação. A troca de conhecimento e experiências pode acelerar o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas. Por exemplo, empresas podem se unir para desenvolver novos fornos mais eficientes ou compartilhar soluções para problemas comuns (Guerra, 2010).

A capacitação dos trabalhadores também é fundamental para implementar inovações com sucesso. Isso inclui treinamento em novas tecnologias, boas práticas de produção e questões ambientais. Trabalhadores qualificados são essenciais para a adoção de inovações (Cabral *et al.*, 2012).

A inovação muitas vezes requer investimentos significativos. Portanto, o acesso a recursos financeiros, como financiamento público ou privado, é crucial para apoiar projetos de inovação no APL de cerâmica vermelha. A inovação no setor de cerâmica vermelha também está relacionada à adoção de práticas sustentáveis (Aulicino, 2014). Isso inclui a busca por materiais alternativos, a redução do consumo de recursos naturais, a minimização de resíduos e a adoção de tecnologias mais limpas. A cerâmica vermelha pode ser um setor particularmente desafiador devido ao uso intensivo de energia e recursos naturais. É importante monitorar e avaliar o impacto das inovações implementadas no APL de cerâmica vermelha. Isso ajuda a identificar o sucesso das inovações, ajustar estratégias conforme necessário e compartilhar boas práticas com outras empresas do APL (Ferreira, 2017). E a inovação só traz benefícios reais se for comercializada com sucesso. As empresas do APL precisam desenvolver estratégias eficazes de comercialização e difusão de suas inovações para ganhar mercado e competir efetivamente.

O processo de inovação no APL de cerâmica vermelha é contínuo e dinâmico. O setor enfrenta desafios significativos, como regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas e a necessidade de reduzir os impactos negativos no meio ambiente. Portanto, a inovação é fundamental para a sustentabilidade e competitividade a longo prazo desse setor. A colaboração entre empresas, instituições de pesquisa e órgãos governamentais desempenha um papel importante na promoção da inovação e no fortalecimento do APL de cerâmica vermelha. Entende-se que a organização de empresas em Arranjos Produtivos Locais (APLs) fortalece sua capacidade de encontrar soluções que seriam difíceis de alcançar de forma independente.

Os APLs desempenham um papel fundamental no estímulo à concorrência, na melhoria da produtividade e na promoção de inovação, além de fomentar o surgimento

de negócios empreendedores. Acesso à aprendizagem e inovação, por sua vez, representa a abertura de portas para novos clientes, mercados, conceitos e métodos de trabalho, bem como a exploração de novas oportunidades (Martins, 2020).

Em resumo, o processo de inovação no APL de cerâmica vermelha envolve uma abordagem holística que abrange desde a identificação de necessidades até a comercialização eficaz das soluções desenvolvidas. Ao superar os desafios associados a cada etapa, as empresas desse setor podem fortalecer sua competitividade e contribuir para o desenvolvimento sustentável da indústria.

7. Conclusões

Os minerais e rochas desempenham um papel crucial na indústria cerâmica, sendo utilizados na fabricação de uma ampla gama de produtos cerâmicos, com destaque para a cerâmica vermelha. A composição dos corpos cerâmicos é cuidadosamente planejada, variando de acordo com o tipo de cerâmica desejada, suas propriedades específicas e o processo de fabricação. Os principais componentes incluem materiais argilosos, não-argilosos, aglutinantes, ligantes, água e outros aditivos.

No estado de Goiás, a presença de depósitos de argilominerais desempenha um papel vital na indústria cerâmica, tornando-se uma fonte essencial de matérias-primas para a produção de cerâmica vermelha. A região tem se destacado como um polo produtivo, sendo o Arranjo Produtivo Local (APL) de Cerâmica Vermelha do Norte Goiano um exemplo, que representa um exemplo notável de como a concentração geográfica de empresas e instituições em um setor específico pode estimular o desenvolvimento econômico e a inovação em uma região, buscando promover a integração e colaboração entre as empresas, fortalecer a competitividade e fomentar a inovação na indústria cerâmica local.

A busca pela inovação é um elemento central dos APLs, impulsionando a identificação de necessidades e oportunidades no mercado. Através de pesquisas e desenvolvimento, colaboração entre empresas, capacitação de trabalhadores e acesso a recursos financeiros, as empresas buscam criar produtos mais eficientes e sustentáveis, adotando práticas que minimizem o impacto no meio ambiente.

A colaboração entre as empresas desempenha um papel vital, permitindo o compartilhamento de conhecimento e recursos, acelerando o processo de inovação. Além disso, as práticas sustentáveis desempenham um papel cada vez mais importante

em um mundo consciente das questões ambientais. É fundamental destacar que o APL de cerâmica vermelha não é um esforço isolado, mas é apoiado por políticas públicas que visam fortalecer a economia local e regional. Assim, ele se integra às estratégias de desenvolvimento econômico do Brasil, promovendo o crescimento sustentável e a competitividade em setores específicos.

Em resumo, o APL da cerâmica vermelha do Norte Goiano é um exemplo de como a concentração geográfica de empresas, a inovação e a colaboração podem estimular o crescimento econômico, a geração de empregos e o desenvolvimento sustentável em uma região.

Referências

- Aulicino, A. L.; Costa, J. A. V.; Mendes, E. S.; Guerra, E. A. Metodologia de processos prospectivos aplicada ao planejamento estratégico para desenvolvimento sustentável de APLs de base mineral: experiência do arranjo produtivo de cerâmica vermelha do Norte Goiano. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, p. 36-48, 2014.
- Andrade, M. C.; Sampaio, J. A.; Luz, A. B.; Buoso, A. Rochas e Minerais para Cerâmica de Revestimento. In: *Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações*. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 723-745.
- Brown, G. (1995). *Materiais de construção e outras matérias brutas*. In: *Os Recursos Físicos da Terra*. Editora da Unicamp, p. 36-63.
- Cabral, M.; Tanno, L. C.; Sintoni, A.; Motta, J. F. M.; Coelho, J. M. A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Suprimento Mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. *Cerâmica Industrial*, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 36-42, fev. 2012. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2014.005>.
- Callister, W. D. *Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma introdução*. 5º ed. Rio de Janeiro. 1991.
- Carvalho, O. O et al (Exs.). *Aperfeiçoamento dos processos produtos e dos produtos de cerâmica do Rio Grande do Norte – Cerâmica Azevedo*. Natal: SEBRAE-FINEP-PATME, 2001.
- Dana, E. S.; Hurlbut, C. S. 1960. *Manual de mineralogia*. 2. ed. New York: Reverté, New York, USA, 2ª Ed.
- Ferreira, J. B. *Arranjos Produtivos de Cerâmica Estrutural: uma análise comparativa dos arranjos localizados em Monte Carmelo (MG), Porangatu (GO) e Itabaianinha (SE)*. 2017. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

- Guerra, E. A. Experiência do MCT no apoio aos Arranjos Produtivos Locais (APLS) de Base Mineral, II Mostra Nacional de Desenvolvimento Regional, Simpósio Internacional – Gestão de Políticas Regionais em Perspectivas Florianópolis. 2010
- Grim, R. E. Clay Mineralogy. New York: McGraw-Hill, (Geological Science Series), 1958.
- IBGE. Estatísticas do Cadastro Central de Empresas - CEMPRE. *In*: Estatísticas do Cadastro Central de Empresas, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9016-estatisticas-do-cadastro-central-de-empresas.html>. Acesso em: 28 out. 2023.
- Junior, C. M. C.; Motta, J. F. M.; Almeida, A. S.; Tanno, L. C. Argila para Cerâmica Vermelha. *In*: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 747-770.
- Martins, E. R. ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE CERÂMICA VERMELHA: ganhos competitivos. Engenharia de Produção: Indústria 4.0 - Conceitos e Impactos, [S.L.], p. 30-40, 2020. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/200801057>.
- MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Arranjos Produtivos Locais– APLs. Disponível em: <www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=300>
- Oliveira, M, C. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Branca e de Revestimento. FIESP, 2008.
- Rezende, M. M.; Silva, L. R.; Cano, T. M. Sumário Mineral, DNPM, 2008.
- RG-APL. Plano De Desenvolvimento: APL Da Cerâmica Vermelha Do Norte Goiano. Goiânia, 2007.
- Silva, L. C. S.; Maia, F. O. Processos de fabricação: uma análise da produção da cerâmica vermelha em uma empresa da cidade de Catalão/GO. Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, v. 3, n. 1, p. 153-162, 2016.
- Souza, K. V.; Teixeira, N. S.; Lima, M. H. M. R.; Bezerra, M. S. Os arranjos produtivos locais (APL) de base mineral e a sustentabilidade. *In*: Centro de Tecnologia Mineral (org.). Recursos Minerais Sustentabilidade Territorial. Rio de Janeiro. 2011.