

**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**Análise prospectiva da queima da casca de arroz
para obtenção de sílica**

**Autora: Fernanda Viana Ribeiro
Orientadora: Patrícia Regina Sobral Braga**

**Brasília, DF
2021**



Fernanda Viana Ribeiro

Análise prospectiva da queima da casca de arroz para obtenção de sílica

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia

Orientadora: Prof^a Dr^a Patrícia Regina Sobral Braga

**Brasília, DF
2021**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Ribeiro, Fernanda Viana.

Análise prospectiva da queima da casca de arroz para obtenção de sílica / Fernanda Viana Ribeiro. Brasília: UnB, 2021.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2021. Orientação: Patrícia
Regina Sobral Braga.

1. Cinza da Casca de arroz. 2. Calcinação. 3. Análise prospectiva
I. Braga, Patrícia Regina Sobral. II. Análise prospectiva da queima da casca de arroz para obtenção de sílica.

CDU Classificação



ANÁLISE PROSPECTIVA DA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ PARA OBTENÇÃO DE SÍLICA

Fernanda Viana Ribeiro

Monografia submetida como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof^a Dr^a Patricia Regina Sobral Braga, UnB/FGA
Orientadora

Prof^a Dr^a Roseany de Vasconcelos Vieira Lopes, UnB/FGA
Membro Convidado

Prof^a Dr^a Grace Ferreira Ghesti, UnB/IQ
Membro Convidado

Brasília, DF
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Jeová Deus por me dar a vida, saúde e forças para percorrer essa jornada.

À minha avó Júlia (*in memoriam*) e meu avô Enéas que são um grande exemplo de generosidade e uma base para a família.

À minha avó Yolanda (*in memoriam*) e meu avô Emiliano (*in memoriam*) pelo incentivo aos estudos e pela determinação.

Aos meus pais, Ilda Regina Viana Ribeiro e Raimundo Nilton da Silva Ribeiro por não pouparem esforços para minha educação e crescimento, além de me transmitirem princípios que norteiam minha vida pessoal.

Aos parentes e amigos pelo amor, apoio, encorajamento e carinho.

À professora e doutora Patrícia por me orientar nesse trabalho com paciência e dedicação. Por me dar novas oportunidades e permitir uma maior divulgação desse trabalho.

Aos colegas da UnB por me ajudarem a enfrentar os desafios da graduação sem desistir.

À UnB por contribuir com o conhecimento intelectual, científico e pelo amadurecimento que me proporcionou ao longo do curso.

Agradeço também aqueles que se sacrificaram com altruísmo para que eu alcançasse meus objetivos e a todos os que me acrescentaram alegria e leveza.

Fernanda Viana Ribeiro

“It's such a waste to grow up lonely.”

John Mayer

RESUMO

Neste trabalho se buscou compreender a queima da casca de arroz (CCA) a fim de compilar resultados que mostrem uma maior formação na quantidade de sílica, utilizando a prospecção tecnológica. Esse método visa entender as potencialidades, características e os efeitos das mudanças tecnológicas, inovação e uso. É uma ferramenta relevante na orientação de esforços empregados no desenvolvimento de tecnologias. O levantamento científico tem mostrado que a obtenção da sílica a partir da CCA vem sendo cada vez mais estudada e possui diversas aplicações. A metodologia utilizada foi à realização de pesquisas no sítio do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), além do uso do programa de computador *Orbit Intelligence* para encontrar patentes relacionadas a esse tema. De acordo com a metodologia estabelecida a partir da busca de patentes brasileiras no sítio do INPI, foram recuperadas 25 patentes que abordaram à utilização da queima ou calcinação da casca de arroz, especificando a melhor temperatura para essa queima. Verificou-se que a maioria das patentes depositadas referia-se à obtenção de sílica amorfa com alto grau de pureza. O estudo tecnológico através do *Orbit Intelligence* revelou um total de 773 famílias de patentes e que a China se destaca como o país com mais depósitos de patentes relacionadas à CCA e que a maioria de seus depositantes são as universidades. Assim, a prospecção tecnológica voltada para a queima da casca de arroz pode ser usada com o intuito de conhecer as tecnologias existentes e identificar as tendências dos tipos de calcinação existentes que podem ser empregados nesse processo.

Palavras-chave: Casca de arroz, calcinação, sílica, cinza da casca de arroz, prospecção tecnológica.

ABSTRACT

This study aimed to understand the burning of rice husk (CCA) in order to compile results that show a greater formation in the amount of silica, using technological prospecting. This method aims to understand the potential characteristics and effects of technological changes, innovation and use. It is a relevant tool to use in the development of technologies. The scientific survey revealed that obtaining silica from rice husk has been reported in several scientific studies and applications. The methodology used was to conduct research on the website of the National Institute of Industrial Property (INPI), in addition to the use of the Orbit Intelligence software and the to find patents related to these studies. According to the established methodology through the search of Brazilian patents on the INPI website, 25 patents were recovered that address the use of burn or calcination of rice husk, specifying the best temperature for this burning. It was verified that most of the patents deposited were related to obtain amorphous silica with a high degree of purity. The technological study through Orbit Intelligence revealed a total of 773 patent families and showed that China stands out as the country with the largest patent deposits related to rice hull ash and that the majority of its depositors are from universities. Thus, technological prospecting directed to burn rice husk ash can be used to learn about existing technologies and identify trends in the types of calcination that can be used in the process.

Keywords: Rice husk, calcination, silica, rice husk ash, technology assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção de arroz no Brasil – participação por estados brasileiros	4
Figura 2. Produtividade do feijão-comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) e do arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) no Brasil, no período de 1985 a 2018	5
Figura 3. Modificação da casca de arroz conforme a temperatura de queima.....	8
Figura 4. Objetivos da prospecção tecnológica	11
Figura 5. Número de patentes depositadas por país.....	17
Figura 6. Evolução anual de depósitos de patentes.....	18
Figura 7. Famílias de patentes por países de publicação.....	18
Figura 8. Registros de patentes em diferentes áreas de conhecimento.....	20
Figura 9. Situação legal das patentes.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção aproximada de arroz no mundo – participação por países	3
Tabela 2. Composição química aproximada da CCA determinada por fluorescência de raios x em porcentagem	6
Tabela 3. Efeito das condições de calcinação nas propriedades da CCA	8
Tabela 4. Métodos de queima, composições químicas e características da CCA	9
Tabela 5. Palavras-chave no sítio do INPI	14
Tabela 6. Palavras-chave no programa de computador Orbit Intelligence	14
Tabela 7. Número de patentes depositadas no sítio do INPI	15
Tabela 8. Número de patentes depositadas no programa de computador <i>Orbit Intelligence</i> com palavras-chaves diversas	16

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CA	Casca de arroz
CCA	Cinza de casca de arroz
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
IGC	<i>International Grains Council</i>
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
OMPI	Organização Mundial de Propriedade Intelectual

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3 MARCO TEÓRICO	3
3.1 CULTURA DO ARROZ	3
3.1.1 CINZA DA CASCA DE ARROZ	5
3.1.1.2 APLICAÇÕES DA CINZA DA CASCA DE ARROZ.....	6
3.2 INFLUENCIA DA TEMPERATURA NA PORCENTAGEM DE SÍLICA DA CAA .	7
3.3 MÉTODOS DE CALCINAÇÃO	9
3.4 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	10
4 METODOLOGIA	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

O arroz constitui-se um dos componentes da dieta da população brasileira. Assume importância relevante nas ações sociais e governamentais de incentivo ao seu cultivo para assegurar os níveis de oferta e consumo, especialmente das classes mais carentes da população, que normalmente têm no arroz um alimento essencial em sua dieta [1].

A realização de pesquisas sobre a utilização da casca de arroz (CA) tem como foco reduzir os impactos ambientais gerados por seu descarte no meio ambiente, e agregar valor a um resíduo que não seria aproveitado [1].

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção estimada do arroz no Brasil para a safra de 2019/2020 foi de 11,2 milhões de toneladas e crescimento de 6,7% em relação à última safra [3].

A cinza de casca de arroz (CCA) é um resíduo agroindustrial decorrente do processo de queima da casca de arroz. Ela possui elevado índice de sílica, entre 85 e 95%, que pode ser usada como precursor em várias aplicações. Além disso, a casca do arroz é um rejeito de difícil degradação e ocupa um grande volume em aterros, ocasionando um problema ecológico principalmente nas regiões produtoras desse material [4].

Com o objetivo de obter a sílica acarretando menor impacto ao meio ambiente, se busca métodos de reaproveitamento desse material e análise das diferentes condições de calcinação que é possível obter uma maior quantidade desse composto. Assim, as condições que podem influenciar na composição da cinza da casca de arroz são: tipos de arroz, solo, tipos e teores de fertilizantes utilizados, temperatura, tempo de calcinação, tipo de equipamento utilizado no processo de combustão [5].

Para tanto foram realizadas buscas em trabalhos científicos e utilizados o sítio do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e o programa de computador *Orbit Intelligence* para identificar as melhores condições de queima da cinza de casca de arroz para se obter uma maior quantidade de sílica [6,7].

2.OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as melhores condições de queima da CA que acarretem menores impactos ao meio ambiente, utilizando a prospecção tecnológica como ferramenta.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estabelecer um panorama sobre a produção de arroz no mundo e no Brasil.
- ✓ Explorar a utilização da CCA como fonte de silício.
- ✓ Relatar o conceito de prospecção tecnológica, bem como a importância de estudos prospectivos e suas metodologias.
- ✓ Realizar mapeamento tecnológico sobre as principais patentes relacionadas à análise térmica da CA.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. CULTURA DO ARROZ

O arroz, um dos grãos mais produzidos no mundo, está presente na refeição da grande maioria da população mundial. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial em 2018 foi de 772,5 milhões de toneladas de arroz em casca, alta de 1,3% em relação a 2017 [8].

É evidente que a produção de grãos movimenta, de forma significativa, a economia em todo o mundo, e conseqüentemente nota-se uma elevada geração de resíduos. Segundo dados do *International Grains Council* (IGC) [9] a produção de grãos mundial, estimada em 2020/2021, pode chegar a 2678 bilhões de toneladas. Já no Brasil, de acordo com dados levantados pela Conab [10] a produção de grãos estimada para 2020/2021 é de aproximadamente 278,7 milhões de toneladas. Dentre os vários grãos produzidos destacam-se o milho, a soja, o trigo e o arroz.

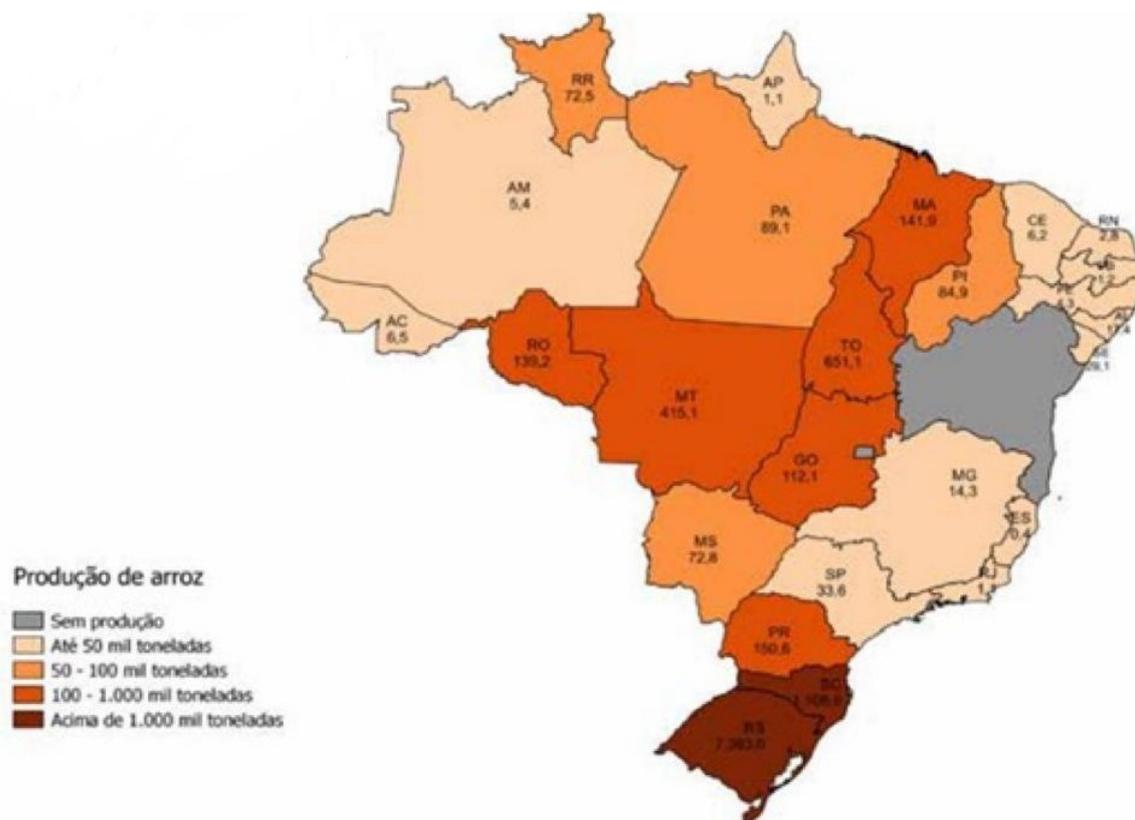
Segundo projeções globais levantadas pelo IGC [9], a produção total do grão de arroz no mundo, estimada para 2020/2021, é de aproximadamente 497,3 milhões de toneladas, distribuída em diversos países, como mostrado na Tabela 1, onde se destaca a China como a maior produtora de arroz no mundo, seguida pela Índia. No Brasil, segundo os dados da Conab [10], estima que a produção de arroz, nesse mesmo período, chegue a 11,98 milhões de toneladas.

Tabela 1. Produção aproximada de arroz no mundo – participação por países. Adaptado de [9,10]

Produção [mt]	2018	2019	2020	2021
China	141,8	140,7	141,3	141,9
Índia	111,5	114,3	115,8	117,8
Indonésia	37,8	38,1	37,5	37,9
Tailândia	20,4	21,1	20,9	21,3
África-subsaariana	18,1	18,3	18,8	19,4
Brasil	10,4	10,4	11,9	11,9
Estados Unidos	6,9	6,8	6,7	6,8
Mundo	488,3	493,9	497,3	502,1

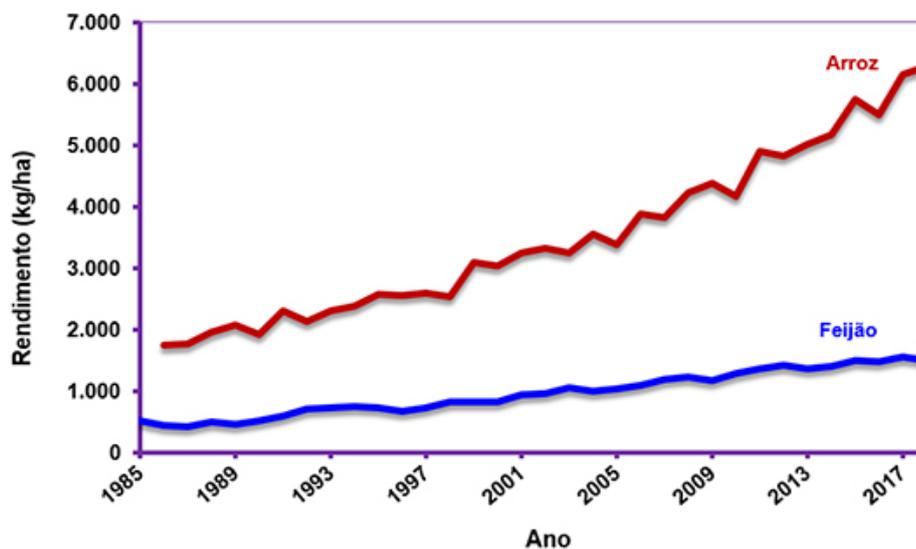
A produção de arroz no Brasil pode ser dividida por estados, onde se destacam o Rio Grande do Sul e Santa Catarina como os maiores produtores desse grão. A região Sul se destaca como a maior produtora do país com mais de 70% da produção de arroz, seguida pela região Norte com aproximadamente 8,8% e depois a região Centro-Oeste com 8,6%, conforme pode ser observado na Figura 1. As regiões Sudeste e Nordeste não são expressivas na produção desse grão, visto que possuem menos de 1%, cada [10].

Figura 1. Produção de arroz no Brasil – participação por estados brasileiros [11].



De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Arroz (Abiarroz), o consumo per-capita é de 34 kg por ano [12]. O cultivo do arroz nas últimas décadas tem crescido constantemente, especialmente quando comparado a outro produto comum na dieta do brasileiro, o feijão, conforme observado na Figura 2.

Figura 2. Produtividade do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e do arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil, no período de 1985 a 2018 [13].



Tendo em vista a enorme quantidade produzida desse grão no mundo, é notável que se tenha, como resultado de seu beneficiamento, uma grande quantidade de resíduos gerados. A disposição desses rejeitos pode ser uma problemática, visto que ocupa grandes espaços e dependendo da forma que é feita pode apresentar riscos para o ambiente e seres humanos [13].

3.1.1. CINZA DA CASCA DE ARROZ

A CA possui valor nutritivo reduzido, superfície irregular abrasiva e teor em sílica elevado. Apenas um pequeno volume da casca produzida pela orizicultura é aproveitado, o que cria diversos problemas em nível de depósito em aterro [13]. A composição química da CCA é cerca de 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica [14].

A CCA é um subproduto agrícola que, se produzido por combustão controlada, pode apresentar elevada quantidade de sílica amorfa e apresentar uma superfície específica elevada resultante da estrutura celular da casca. Assim, a CCA pode ser uma matéria-prima importante na substituição de fontes de silício e contribui para a redução de custos [15].

A CCA é um material leve, volumoso, poroso e sua composição química básica dos elementos está resumida na Tabela 2 [17].

Tabela 2. Composição química aproximada da CCA determinada por fluorescência de raios X em porcentagem [17].

Componente	Teor em porcentagem
Al ₂ O ₃	0,86
CaO	0,63
Fe ₂ O ₃	1,16
K ₂ O	3,09
MgO	0,68
P ₂ O ₅	4,79
SiO ₂	86,37
Orgânicos	2,1

A partir da análise química da Tabela 2 pode-se observar que o componente com maior teor percentual na composição da CCA é o dióxido de silício (SiO₂), com aproximadamente 86%, que pode ser usada para diversas aplicações nas áreas tecnológicas e industriais. Alguns compostos químicos identificados pela análise química também estão presentes no solo e permanecem como contaminantes na CCA, mesmo após o processo de queima [17]. Assim, o estudo desse material se torna uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental.

3.1.1.2 APLICAÇÕES DA CINZA DA CASCA DE ARROZ

A CA tem se apresentado como uma fonte promissora em vários ramos do conhecimento. Dentre eles pode-se citar: (i) a produção de cimento e uso em concreto; (ii) o uso de cinza como suporte de catalisadores ou na síntese de zeólitas; (iii) a produção de energia através da queima da CA e o aproveitamento de suas cinzas ricas em sílica. Também tem utilização como material adsorptivo e pode ser usada na produção de sílica pura para a utilização em células fotovoltaicas [14].

A CA quando aproveitada na queima direta, além de gerar energia na qual o gás carbônico produzido volta ao ciclo do carbono na biosfera, também produz o resíduo final que é a cinza impura, rica em sílica [14].

Sem valor comercial em consequência de sua dureza, fibrosidade e natureza abrasiva, a CA é normalmente usada devido a seu alto poder calorífico (aproximadamente 16720 Kj kg⁻¹) como fonte alternativa de calor na geração de gases quentes para a secagem do próprio cereal nas usinas de beneficiamento do

grão. Apesar das grandes possibilidades de utilização deste resíduo, sua maior aplicação ainda é no aterro, a qual é uma solução insatisfatória tanto sob o ponto de vista ambiental como econômico [17].

A CCA tem aplicabilidade na indústria da construção civil para produção de cimento e de argamassa, com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas e a durabilidade do concreto ligada à redução de custos e de impactos ambientais. Em alguns estudos observou-se que a CCA apresentou desempenho similar ao da sílica ativa e que apresentou maior reatividade que algumas pozolanas convencionais [14].

A sílica proveniente da CCA também pode ser usada como precursora para a síntese de catalisadores heterogêneos para aplicações industriais, que tem como vantagem poder ser reutilizada no processo. O emprego desse resíduo agroindustrial como fonte alternativa de sílica ainda reduz os custos de produção dos catalisadores [18]. Algumas das aplicações desses catalisadores estão no processo de produção de biodiesel e/ou na síntese de materiais mesoporosos. O uso da CCA também foi reportado na síntese de zeólitas [18,19].

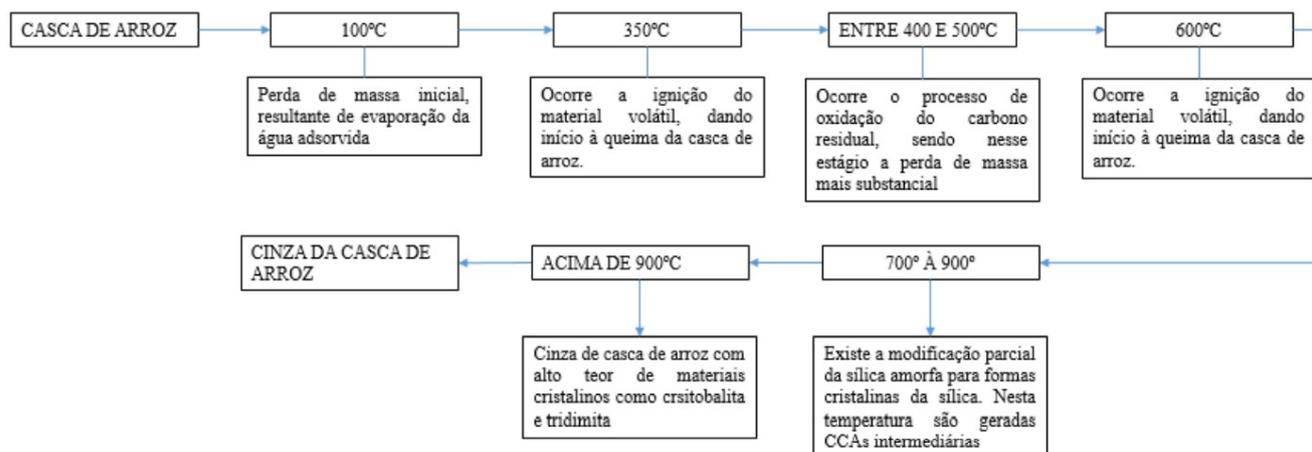
A CCA é um adsorvente efetivo que pode ser usado para adsorver metais pesados, índigo carmine (corante), acetonas, águas residuais, entre outros [20].

Estudos direcionados no uso de CCA também relatam a obtenção de compostos de silício, para serem usados para a produção de células fotovoltaicas. Deste modo, o custo de fabricação dessas células pode ser reduzido com a aplicação de materiais de baixo custo [14].

O aproveitamento da CCA é importante para o meio ambiente uma vez que, quando descartada, provoca poluição por apresentar, em sua constituição, certa quantidade de carbono residual. A cinza é considerada altamente prejudicial para a saúde humana, devido ao elevado teor de sílica e pode ocasionar, quando de grande exposição, uma afecção pulmonar conhecida como “silicose” [21].

3.2 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PORCENTAGEM DE SÍLICA DA CCA

Algumas propriedades físicas e químicas da CCA são influenciadas pelas condições de combustão, como temperatura e tempo de exposição, a qual a amostra foi submetida [22]. A Figura 3 demonstra o efeito das condições de queima nas propriedades de algumas amostras da CCA.

Figura 3. Modificação da casca de arroz conforme a temperatura de queima [23].

A combustão controlada é um método eficiente para a liberação de sílica. No entanto, as propriedades finais da CCA e a quantidade de carbono resultantes na cinza dependem das condições que ocorrem durante a combustão [23]. A Tabela 3 apresenta alguns dos efeitos causados pelas condições de queima nas propriedades de algumas amostras de CCA.

Tabela 3. Efeito das condições de calcinação nas propriedades da CCA [23].

Condições de queima (°C/tempo)	Ambiente de combustão	Estrutura da sílica da CCA	Área superficial da CCA (m ² g ⁻¹)
500-600 / 1 min	Moderada oxidação	Amorfa	122
500-600 / 30 min	Moderada oxidação	Amorfa	97
500-600 / 2 horas	Moderada oxidação	Amorfa	76
700-800 / 15 min	Moderada oxidação	Amorfa	42
700-800 / 15 min	Alta oxidação	Cristalina parcial	10 até 6
> 800/ > 1 hora	Alta oxidação	Cristalina	<5

Assim, além de controlar o grau de cristalinidade, as condições de queima também interferem no tamanho dos cristais e na área superficial específica da CCA por meio da diminuição da microporosidade das partículas [23].

3.3 MÉTODOS DE CALCINAÇÃO

Existem várias formas de queimar a CA, como a queima a céu aberto, em forno fluidizado, queima controlada, queima automática e queima industrializada, conforme observado na Tabela 4. A escolha está relacionada à temperatura que se deseja atingir e os compostos químicos que se deseja obter, assim como os custos associados a cada um dos métodos.

Tabela 4. Métodos de queima, composições químicas e características da CCA [adaptado de 25].

Autor (ano)	Método de queima	Temperatura de incineração (°C)	Tempo de incineração (h)	SiO ₂ (%)	Material
---	Céu aberto	Descontrolada	---	88	Cristobalita, tridimita
Metha (1976-1979)	Forno de leito fluidizado	700-800	---	80 até 95	Amorfo
Cook (1976-1981)	Queima controlada	450	4	93	---
Kanpur (1974-1976)	Queima automática	600-700	2	-	Cristalino, amorfo
Yamamoto (1982)	Queima automática	400, arrefecida rapidamente	4	---	---
Yousif (1984)	Queima automática	500	2	-	---
James e Rao (1986)	Queima automática	700	1 até 12	-	---
Boatend e Skeete (1990)	Queima automática	600-700	3 até 9	-	---
Hwang e Wu (1989)	Queima automática	700	4	92	Amorfo
Metha (1989)	Queima automática	---	---	91	---
---	Queima industrializada	---	---	90 até 95	Amorfo

No processo de queima a céu aberto haverá zonas onde a temperatura atingida é muito elevada, provocando cristalinidade, e outras onde esta é mais baixa, sendo a CCA nesses locais um material amorfo. Assim, a CCA produzida por este método não será homogênea, além de ter um maior prejuízo ambiental decorrente da liberação do gás carbônico nessa queima [25].

Foi desenvolvido o forno de leito fluidizado, que foi projetado para uma incineração controlada da CA, produzindo-se uma cinza com elevada pozolanicidade, de acordo com Mehta [25], e aproveitando-se durante o processo, o calor da combustão para aquecer uma caldeira e a partir disso ter a produção de energia elétrica.

Por motivos econômicos e ambientais, Mehta [25] passou a utilizar um forno industrial moderno, com controle de combustão, que permite, não só recuperar energia potencial, como também, obter CCA de estrutura amorfa. Após a incineração da casca, a temperatura e período de queima apropriado neste tipo de forno, o resultado é uma composição química com valores na ordem de 90% até 95% ou mais de sílica e inferior a 5% de carbono por queimar, como apresentado na Tabela 4. A qualidade da cinza de diferentes fontes, após uma correta combustão, não sofre grandes variações [25].

Dentre os vários tipos de fornos industriais, a mufla, forno de alta potência capaz de manter temperaturas acima de 1100 °C é a que mais se destaca para queima da CCA. Isso ocorre porque as propriedades da cinza de casca de arroz dependem do controle da temperatura, do tempo e temperatura de incineração [25]. As muflas convencionais são geralmente operadas de forma contínua por causa do tempo necessário para levá-las à temperatura desejada. Apresentam como vantagem a precisão do controle de temperatura, ter disponibilidade de muflas de diversos tamanhos que se adequem a forma a qual será usada e está dentro da faixa de temperatura que a CCA precisa ser aquecida [26].

Diversos autores defendem que foi possível obter quantidades ótimas de sílica na CCA, na faixa de temperatura entre (700-800)°C e utilizam a mufla para a queima nesse processo [17,28].

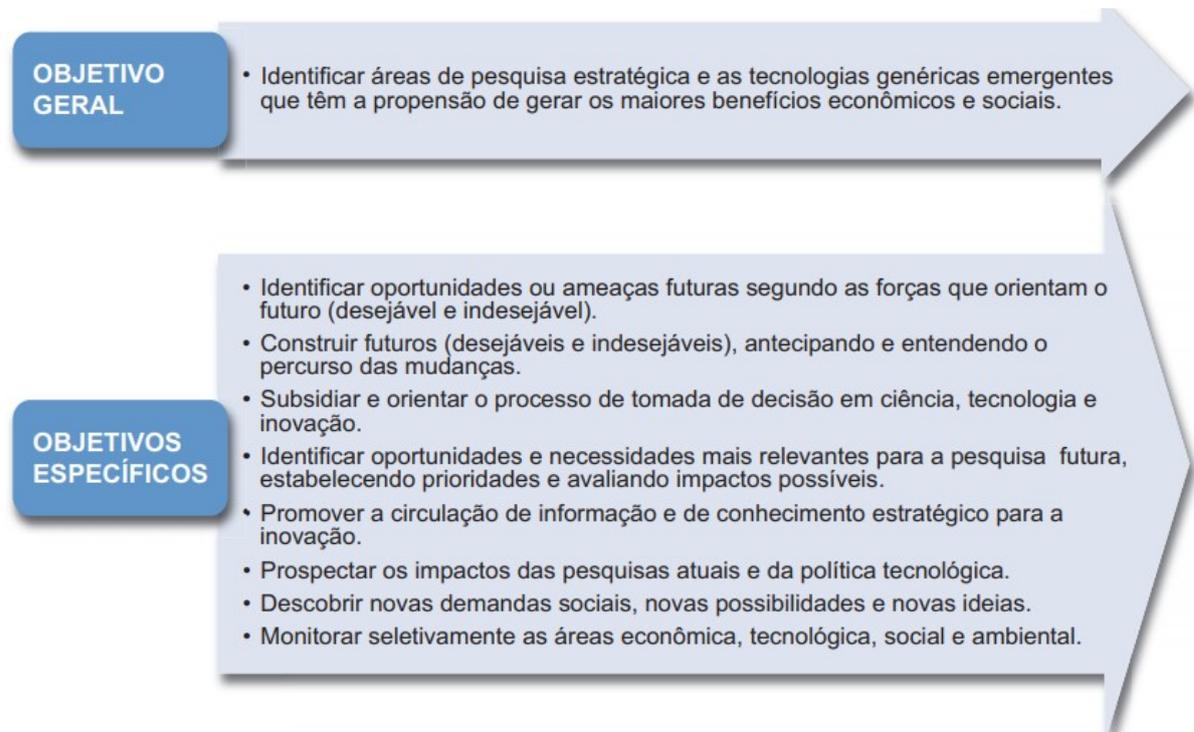
3.4 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

O termo prospecção tecnológica pode ser definido como “meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo” [29].

Coates [29] defende que a prospecção tecnológica é o termo aplicado aos estudos que possui o objetivo de antecipar e entender as potencialidades, características e efeitos das mudanças tecnológicas, em especial a sua invenção, inovação, adoção e uso.

Tendo em vista que o futuro é incerto, as tentativas sistemáticas de prever condições futuras podem ajudar a criar perspectivas bem orientadas no presente, de modo que as prospecções tecnológicas de curto e médio prazo sejam acertadas [29]. Os principais objetivos da prospecção tecnológica estão resumidos na Figura 4.

Figura 4. Objetivos da prospecção tecnológica [29].



As metodologias de prospecção compõem uma ferramenta relevante na orientação de esforços empregados no desenvolvimento de tecnologias e os principais métodos de prospecção podem ser divididos em três grupos principais [29]:

- **Monitoramento (*Assessment*):** Consiste em uma metodologia quantitativa para acompanhar a progressão dos fatos e identificar fatores portadores de mudanças, de forma contínua e sistemática.
- **Método de previsão (*Forecasting*):** É uma metodologia quantitativa cujo objetivo é a elaboração de projeções fundamentada em modelagem de tendências e informações históricas. Esse método faz a

previsão de probabilidades do desenvolvimento futuro das tecnologias atuais através de quantificações e extrapolações de tendências.

- **Método de visão (*Foresight*):** É um método qualitativo, que se fundamenta na antecipação de possibilidades futuras baseadas em construções subjetivas de pessoas com afinidade e grande conhecimento relacionado ao tema de interesse.

Dessa forma, a prospecção tecnológica voltada para a queima da CA pode ser empregada, com o intuito de conhecer as tecnologias existentes e identificar as tendências dos tipos de calcinação que podem ser empregados na CA bem com as principais patentes envolvidas.

A informação tecnológica é um requisito primordial para a realização de estudos prospectivos, e ela deve ser obtida por meio de fontes confiáveis. Assim, uma maneira de realizar prospecção é a busca sistematizada por pesquisas e patentes que estejam relacionadas ao tema de interesse. Segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) estima-se que cerca de 70% das informações tecnológicas contidas em documentos de patente não estão disponíveis em outras fontes de informação. É essencial consultar documentos de patente para analisar o estado da técnica de uma determinada tecnologia e das lacunas tecnológicas que ainda não foram exploradas. Isso evita que esforços e recursos sejam desperdiçados e direcionados a objetivos já atendidos por outros grupos de pesquisa tanto no Brasil como no mundo [31].

Uma forma de encontrar patentes contidas em diversos bancos de dados é com a utilização de um sistema que possua a maior parte desses documentos, como o *Orbit Intelligence*, um programa de computador que permite a pesquisa e análise de informações contidas em patentes, com a opção de geração de diagramas, gráficos e mapas sobre famílias de patentes, para uma análise estatística. A busca pode ser realizada utilizando palavras-chave, classificação de patentes, depositantes, inventores, campos bibliográficos [7].

Para tanto, tem-se a importância da realização de um mapeamento tecnológico com a utilização de um ou mais métodos de prospecção como uma ferramenta de grande importância para o conhecimento e tomada de decisões tanto nas análises qualitativas como quantitativas.

No Brasil, a Lei nº 9279/1996 regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Sendo considerada patenteável a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Para fins de patente, a invenção precisa enquadrar-se na modalidade de Patente de Invenção ou Modelo de Utilidade e o pedido de patente deve ser feito ao INPI. A patente garante ao inventor de um produto ou processo inovador o direito de impedir que terceiros utilizem a tecnologia desenvolvida [32].

4. METODOLOGIA

Esse trabalho apresentou uma metodologia de prospecção tecnológica. Foram feitas buscas de patentes no sítio do INPI [6]. Além disso, o programa de computador *Orbit Intelligence* [7] também foi utilizado como base de dados para a busca de patentes. O período de busca e a análise das patentes foram realizados de março a maio de 2021 através da utilização de combinação de palavras-chaves relacionadas ao tema, conforme mostrado nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5. Palavras-chave no sítio do INPI.

<i>Palavras-chave</i>
Calcinação AND casca de arroz
Calcinação AND casca de arroz AND temperatura
Queima da casca de arroz

Tabela 6. Palavras-chave no programa de computador *Orbit Intelligence*.

<i>Palavras-chave</i>
<i>“burn AND (rice husk OR hull ash)”</i>
<i>“types AND (rice husk OR hull ash)”</i>
<i>“calcination AND (rice husk OR hull) AND temperature”</i>
<i>“burn AND (rice husk OR hull) AND duration”</i>
<i>“burn AND (rice husk OR hull ash) AND air flow”</i>
<i>“burn AND (rice husk or hull) AND type AND temperature AND duration AND air flow”</i>

Os operadores lógicos booleanos “AND” e/ou “OR” foram empregados, a fim de se obter melhores resultados da pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca realizada na base de dados nacional do INPI utilizando palavras-chaves no resumo, em português, apresentou os resultados observados na Tabela 7.

Tabela 7. Número de patentes depositadas no sítio do INPI.

<i>Palavras-chave</i>	<i>Resultados</i>
“Calcinação AND casca de arroz”	4
“Calcinação AND casca de arroz AND temperatura”	1
“Queima da casca de arroz”	20

Realizando a busca no sítio do INPI, utilizando como palavra-chave “Calcinação AND casca de arroz” foram obtidos 4 resultados, dentre eles a patente (PI 0905139-2 A2), que consiste em um processo para produção de sílica na forma amorfa, com alto grau de pureza e coloração branca, a partir da casca de arroz. Esse processo produtivo se baseia nas etapas de pré-tratamento termoquímico da casca, seguida de secagem, calcinação e pós- tratamento termoquímico do material calcinado. Essa patente mostra o comparativo de algumas formas de obtenção da sílica a partir da casca de arroz já moída, que é um diferencial para essa técnica e o uso da lavagem da CA com água quente, com a temperatura de (60 - 70) °C. Para a obtenção de uma maior quantidade de sílica, o processo de calcinação foi realizado na temperatura de (700 - 750) °C por um período entre 6 a 7 horas.

Através da combinação de palavras “Calcinação AND casca de arroz AND temperatura” foi encontrada apenas a patente PI 9903208 – 2 A, que trata de um processo inovador de extração da sílica amorfa. Essa extração pode ocorrer na casca e em outras partes da planta do arroz. Tem como processos as seguintes etapas: hidrólise ácida, lavagem com água seguida de secagem da casca após a hidrólise, calcinação em temperatura de aproximadamente 270 °C, moagem da casca calcinada transformando-a em pó fino com temperatura de calcinação de (480 - 650) °C. A moagem do pó assim obtido permite adequá-la a usos específicos.

Utilizando a palavra-chave “Queima da casca de arroz” foram encontradas 20 patentes, muitas delas relacionadas à obtenção da sílica com alto nível de pureza através da CCA utilizando processo de queima de até 800 °C (PI 0805412-6 A2, PI 0804379-5 A2, PI 0504966-0 A). Também foram encontradas patentes com

aplicações nos mais variados segmentos industriais, como para a produção de fibrocimento a partir da CCA (PI 1106359 –9A2).

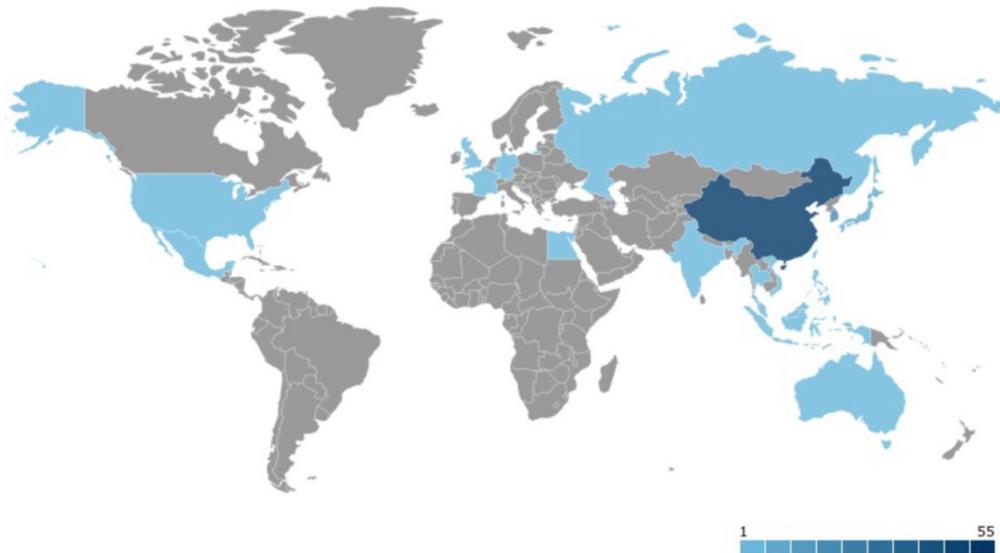
As buscas no programa de computador *Orbit Intelligence* utilizando palavras-chaves apresentaram os resultados observados na Tabela 8.

Tabela 8. Número de patentes depositadas no programa de computador *Orbit Intelligence* com palavras-chaves diversas.

Palavras-chave	Resultados
<i>“burn AND (rice husk OR hull ash)”</i>	280
<i>“types AND (rice husk OR hull ash)”</i>	332
<i>“calcination AND (rice husk OR hull) AND temperature”</i>	139
<i>“burn AND (rice husk OR hull) AND duration”</i>	13
<i>“burn AND (rice husk OR hull ash) AND airflow”</i>	7
<i>“burn AND (rice husk or hull) AND type AND temperature AND duration AND airflow”</i>	2

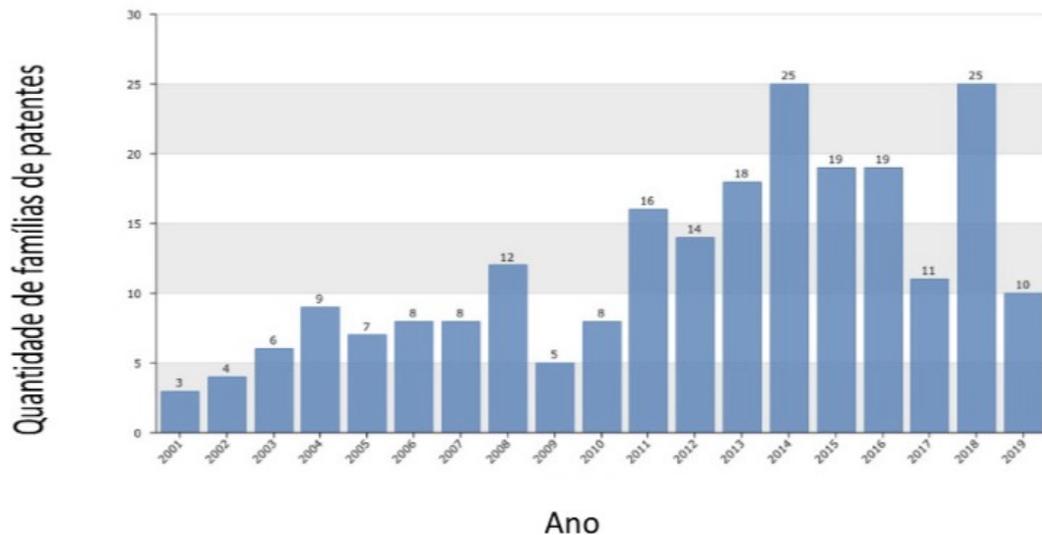
Realizando a busca nesse sistema que engloba várias patentes depositadas ao redor do mundo, foi utilizado inicialmente *“burn AND (rice husk OR hull ash)”*, como palavra-chave. Foram obtidos 280 resultados evidenciando que a China é o país com maior quantidade de famílias de patentes (55 patentes), seguido pela Coréia (20 patentes), depois o Japão (10 patentes), a Índia (6 patentes), Estados Unidos (4 patentes), Espanha (3 patentes) (Figura 5). Os demais países em azul claro possuem 2 ou apenas 1 patente e os que estão em cinza não apresentam nenhuma família de patente para a busca em questão.

Figura 5. Número de patentes depositadas por país. Adaptado de [7].



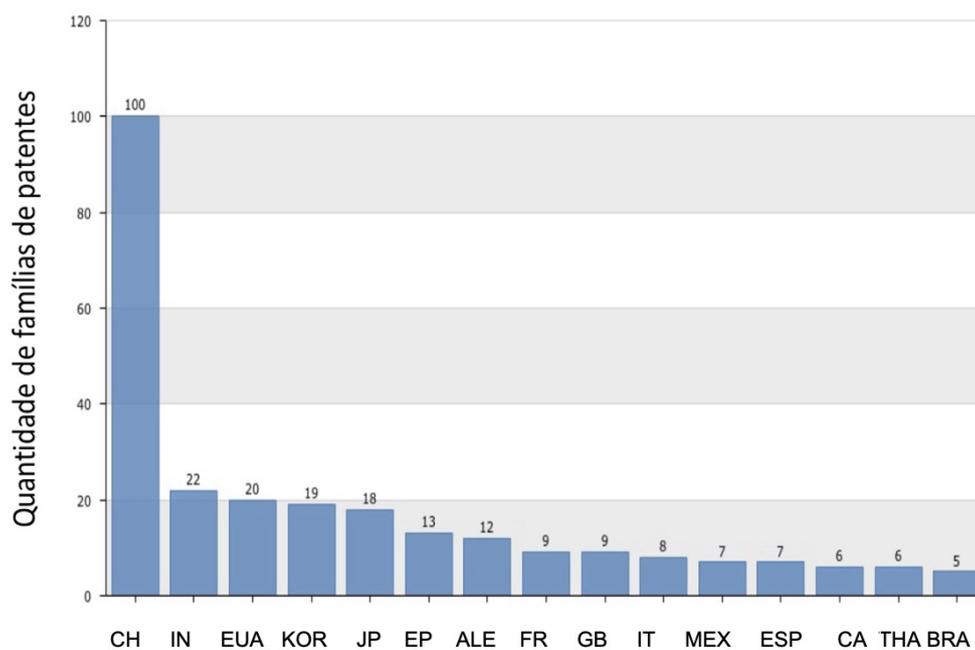
Além disso, observa-se o aumento da quantidade de famílias de patentes nos anos mais recentes, o que ocorre principalmente devido o aumento da produção desse grão no mundo todo [9] e a utilização da queima da casca para diversos produtos industriais [20], tendo os anos 2014 e 2018 a maior quantidade dessas famílias (Figura 6). Outra observação importante, é que os principais depositantes dessas patentes são as universidades de cada país.

Figura 6. Evolução anual de depósitos de patentes. Adaptado de [7].



Utilizando a combinação das palavras “*types AND (rice husk OR hull ash)*” foram obtidas 332 patentes. Das patentes encontradas, os países que depositaram maior quantidade de patentes foram a China (100 patentes), seguidos pela Índia (22 patentes), depois os Estados Unidos (20 patentes). Conforme a Figura 7, o Brasil está entre os 15 países com maior quantidade de patentes nessa busca, apresentando 5 patentes.

Figura 7. Famílias de patentes por países de publicação. Adaptado de [7].



Mesmo com os esforços no Brasil para incentivar pesquisas tecnológicas, como a de patentes, com a promulgação da Lei de Inovação (10973/2004) [33], em que mantém e amplia o apoio às parcerias entre empresas e universidades; o Brasil possui poucos depósitos de patentes. No âmbito da pesquisa, o Brasil tem várias publicações e estudos nessa área, porém, foram identificadas apenas cinco patentes de origem brasileira, como se observa na Figura 7. Não foram observadas universidades como detentoras dessas patentes, sendo a área industrial a que mais se destacou nesse âmbito.

Nos últimos anos, de acordo com dados da Organização Mundial para Propriedade Intelectual, a China se tornou o país que mais registrou pedidos de patentes. Isso se deve ao seu crescimento acelerado e ao alto investimento nas áreas de tecnologia, inovação e desenvolvimento. Além disso, a China se destaca pela ênfase na capacitação em larga escala de recursos humanos qualificados em engenharia. Com a intervenção estatal nesse âmbito, a China apresenta a inovação como estratégia e como parte da agenda de desenvolvimento [34,35].

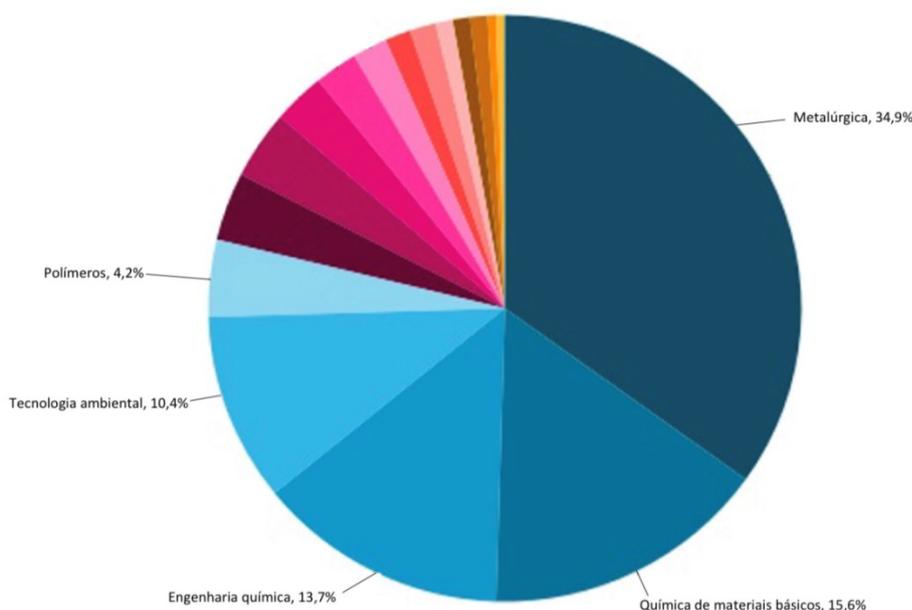
No Brasil existem alguns fatores que contribuem para uma baixa quantidade de patentes como, a burocracia para a concessão de patentes, o elevado tempo de espera por uma resposta do INPI e a falta de incentivo à inovação no País, assim como o tempo de exame de uma patente pelo INPI. Outro entrave brasileiro são os custos, que são relativamente elevados para os depositantes, o que reflete em uma quantidade menor de depósitos de patentes [36].

A fim de restringir ainda mais as buscas e tentar observar as temperaturas ideais de queima da casca de arroz foi utilizado a busca “*calcination AND (rice husk OR hull) AND temperature*” e foram obtidos 139 resultados. Dentre eles uma patente japonesa (JP6159110), que trouxe a faixa de temperatura de (500 - 700) °C, como a faixa ideal para carbonizar as cascas de arroz e obter uma maior quantidade de sílica amorfa.

Os registros de patentes podem ser classificados em diferentes áreas do conhecimento seguindo a Classificação Internacional de Patentes (IPC) e a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) [6,37], conforme observado na Figura 8, a qual mostrou que as principais áreas em que se enquadram as tecnologias são: metalúrgica (34,9%), seguida da química de materiais básicos (15,6%) e engenharia química (13,7%). A parte de metalurgia teve grande destaque por abranger diversos tipos de fornos, como a mufla, que são usados para a queima controlada da casca

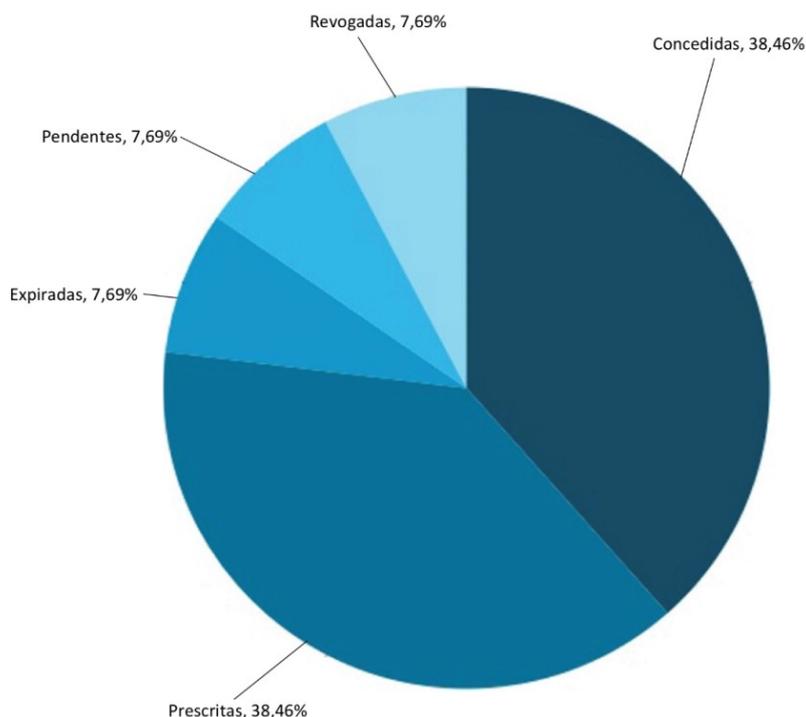
de arroz. A parte da química de materiais e engenharia química ganha destaque principalmente pelos compostos químicos que são obtidos na queima e de materiais que se deseja produzir com essa matéria-prima.

Figura 8. Registros de patentes em diferentes áreas de conhecimento. Adaptado de [7].



Através da palavra-chave *“burn AND (rice husk OR hull) AND duration”* foram obtidos 13 resultados. Com base na Figura 9, observa-se que 38,46% das patentes estão concedidas, 38,46% estão prescritas, 7,69% foram expiradas, 7,69% estão pendentes e 7,69% foram revogadas. Ao analisar esses dados da situação legal das patentes, pode-se observar que um número considerável das patentes são prescritas. Esse fato pode ser relevante, pois essas patentes vigoram apenas por um período e depois expiram.

Figura 9. Situação legal das patentes. Adaptado de [7].



Avaliando a combinação das palavras “*burn AND (rice husk OR hull ash) AND airflow*” foram encontradas 7 patentes, dentre elas uma patente chinesa (CN101956983), que trata sobre um tipo específico de queimador de casca de arroz que controla a proporção de casca de arroz e ar para garantir uma mistura uniforme e auxiliar nesse processo de queima controlada.

Com o objetivo de juntar as pesquisas anteriores e encontrar patentes que tivessem relação com os principais itens que interferem na quantidade de sílica encontradas na CCA foi utilizada a palavra-chave “*burn AND (rice husk or hull) AND type AND temperature AND duration AND airflow*”, que mostrou como dados 2 patentes, porém elas não estão relacionadas com a área de pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de investigar as melhores condições da queima da CCA para que se produzisse uma maior quantidade de sílica. O objetivo foi alcançado a partir de buscas por trabalhos científicos e por famílias de patentes utilizando o sistema de computador *Orbit Intelligence* e o sítio do INPI. As informações obtidas permitiram verificar alguns parâmetros ideais para uma calcinação com uma maior porcentagem de sílica.

Durante o mapeamento tecnológico buscou-se analisar as principais patentes relacionadas à análise térmica da CA. De acordo com a metodologia estabelecida para a busca no sítio do INPI foram recuperadas 25 patentes que abordavam a utilização de queima ou calcinação da CA e várias delas destacavam como obter a sílica amorfa com alto grau de pureza (PI 0805412-6 A2, PI 0804379-5 A2, PI 0504966-0 A).

Utilizando o sistema *Orbit Intelligence* foram recuperadas 773 famílias de patentes relacionadas a parâmetros de queima da CA e mostrou que a China possui o maior número de patentes depositadas sobre o assunto. Isso ocorre principalmente por conta desse país ser um dos maiores produtores de arroz no mundo, além de possuir grandes investimentos em propriedade intelectual, bem como ter um sistema legal que aumenta os incentivos à inovação.

Verificou-se o aumento da quantidade de famílias de patente nos anos mais recentes (2014 e 2018), o que ocorre não somente pelo aumento da produção de arroz no mundo, mas também pela alta quantidade de patentes desenvolvidas nas universidades, que são os principais depositantes.

Assim, devido à elevada quantidade de sílica em sua composição, a CCA tem importância em diversas áreas, como para a produção de concreto, como suporte de catalisadores, para a síntese de zeólitas, para produção de energia, como material adsorvente e na produção de sílica pura para a utilização em células fotovoltaicas. Dessa maneira, tem-se a oportunidade de utilizar esse resíduo de difícil degradação e evitar o seu descarte de forma inapropriada no meio ambiente, além de agregar valor a esse resíduo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DOCKHORN, P. L. Efeito do uso de protetor de sementes na germinação do arroz. **UFMS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**, Santa Maria-RS, 2013.
2. HOUSTON, D. F.; Rice Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul: USA, 1972.
3. CONAB. **Último levantamento consolida safra recorde de grãos em 257,8 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3608-ultimo-levantamento-consolida-safra-recorde-de-graos-em-257-8-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: set. de 2020.
4. DELLA, V.P., KÜHN, I., HOTZA, D. Characterization of rice husk ash for use as raw material in the manufacture of silica refractory. **Química Nova**, v. 24, n. 6, 2001.
5. DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Reciclagem de Resíduos Agro-Industriais: Cinza de Casca de Arroz como Fonte Alternativa de Sílica. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 2, 2020.
6. INPI, INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Busca por patentes**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em: set. de 2020.
7. QUESTEL. **OrbitIntelligence**. Disponível em: <https://www.questel.com/business-intelligence-software/orbit-intelligence/>. Acesso em: set. de 2020.
8. FAO. **Produção mundial de arroz em 2018 foi de 772,5 milhões de toneladas**. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/producao-mundial-de-arroz-em-2018-foi-de-772-5-milhoes-de-toneladas_415097.html. Acesso em: out. de 2020.
9. IGC, International Grains Council. Five-year baseline projections of supply and demand for wheat, maize (corn), rice and soybeans to 2023/24, v. 1, n. 1, p.1, 2019.
10. CONAB; Perspectivas para a agropecuária. **Safra 2019/2020**, v. 7, n. 1, p. 1, 2019.
11. CONAB. OBSERVATÓRIO AGRÍCOLA: ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, v. 7, n. 6, p. 1, 2020.
12. FERREIRA, C. M. *et al.* QUALIDADE DO ARROZ NO BRASIL: Evolução e Padronização. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás - GO, v. 1, n. 1, p. 1, 2005.
13. EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Produtividade do arroz (*Oryza sativa* L.) e do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil, de 1985 a 2019**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/produtividadearrozefeijao.htm>. Acesso em: out. de 2020.

14. SOUSA, S.P.B.D. BETÕES ECO-EFICIENTES COM CINZA DE CASCA DE ARROZ. Dissertação de mestrado, FEUP, 2005.
15. SANTOS, H.; JUNGER, D.L.; SOARES, A.B. **Orbital: The Eletronic Journal of Chemistry**, v. 6, n.4, 2014.
16. COUTINHO, J.S. CINZA DE CASCA DE ARROZ (RHA) INDUSTRIAL – ENSAIOS. Porto: FEUP, 2007.
17. NASCIMENTO, G. C. *et al.* Caracterização físico-química da cinza de casca de arroz oriunda do processo termelétrico do sul de Santa Catarina - Brasil. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 634, 2015.
18. DELLA, V.; KUHN I.; HOTZA, D. **Cerâmica Industrial**, v.10, n.2, 2005.
19. CHEN, G.; SHAN, R.; SHI, J.; YAN, B. Elsevier, 2015, p.8.
20. ZANOTELI, K.; FREITAS, J.C.C.; SILVA, P.R.N. **Química Nova**, v. 37, n. 10, 2014.
21. LIU, X.; CHEN, X.; YANG, L.; CHEN, H.; TIAN, Y.; WANG, Z.; **Res Chem Intermed**, 42, 2016, p. 893.
22. BEZERRA, I.M.T.; SOUZA, J.; CARVALHO, J.B.Q.; NEVES, G.A. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, 2010.
23. POUHEY, M.T.F. Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico. Tese (Doutorado). UFRGS, 2006.
24. PINHEIRO, D.G.L.; Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2016.
25. PEREIRA, I.G. CINZA DE CASCA DE ARROZ – UMA ADIÇÃO SUSTENTÁVEL. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.
26. MEHTA, P.K. Rice Husk Ash - A Unique Supplementary Cementing Material Athens, Greece: 1992.
27. SKOOG, D.A.; WEST, D.M.; HOLLER, F.J. *Fundamentals of Analytical Chemistry*, ed. Harcourt College Publishers, 2001.
28. BHAGIYALAKSHMI, M. *et al.* Utilization of rice husk ash as silica source for the synthesis of mesoporous silicas and their application to CO₂ adsorption through TREN/TEPA grafting. **Journal of Hazardous Materials**, South Korea, v. 1, n. 175, p. 928, 2009.
29. TEIXEIRA, L.P. Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados. **Embrapa Cerrados**, 2013.34p. (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 317).
30. COATES, V. *et al.* On the future of technological foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v.67, p.1-17, 2001.

31. SANTOS, P.R.D; NUNES, J. D. S. CENÁRIO MUNDIAL DO PATENTEAMENTO EM NANOBIOTECNOLOGIA de 2000 a 2008. **INPI**, 2012. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/arquivos/nanobiotechnologia_estudo_verso_final.pdf. Acesso em: nov. de 2020.
32. BRASIL. Lei nº 9279 de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade intelectual. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14 maio 1996.
33. BRASIL. Lei nº 10973 de 02 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 dez. 2004.
34. WIPO. A China torna-se o primeiro requerente de patentes internacionais em 2019, em contexto de sólido crescimento dos serviços de PI, de tratados e finanças da OMPI. 2020. Disponível em: https://www.wipo.int/export/sites/www/pressroom/pt/documents/pr_2020_848.pdf. Acesso em: maio de 2021.
35. IEDI. Uma Comparação Entre a Agenda de Inovação da China e do Brasil. 2011. Carta 492. Disponível em: <https://www.iedi.org.br/carta/carta492.htm>. Acesso em: maio de 2021.
36. ARNOLD, F. R.; SANTOS, C. B. dos. A CONCESSÃO DE PATENTES NO BRASIL: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO. In: CADERNO PAIC, 2015 - 2016, Curitiba – PR, p. 101 – 115. Disponível em: <https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/viewFile/206/167>. Acesso em: maio de 2021.
37. IPC. 2021. **Classificação Internacional de Patentes**. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br>. Acesso em: maio de 2021.