



Estado do Paraná

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ E EFLUENTE  
DE BIOGÁS NA PLASTICIDADE DE MATERIAIS CERÂMICOS**

**Bruna Pereira da Silva**

Toledo – Paraná – Brasil



Estado do Paraná

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ E EFLUENTE  
DE BIOGÁS NA PLASTICIDADE DE MATERIAIS CERÂMICOS**

**Bruna Pereira da Silva**

Dissertação Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/*Campus* Toledo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Décio Lopes Cardoso

Maio/2017

Toledo – PR

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Bruna Pereira da Silva**

“Estudo da utilização de cinza de casca de arroz e efluente de biogás na plasticidade de materiais cerâmicos”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Décio Lopes Cardoso  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Cleber Antônio Lindino  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Douglas Cardoso Dragunski  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edna Possan  
Unila – Foz do Iguaçu

Aprovada em: 03 de maio de 2017.

Local de defesa: Sala de videoconferência – UNIOESTE/*campus* de Toledo.

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho ao futuro da humanidade*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado a coragem e a vontade de escrever este trabalho. Também agradeço a intercessão de Nossa Senhora Aparecida, que me amparou nos momentos de maior dificuldade.

Agradeço a minha família, pelo apoio incondicional proporcionado.

Agradeço ao meu noivo, Bruno, por compreender minha ausência durante o período de realização desta pesquisa, e por ter colaborado comigo em finais de semana no laboratório.

Agradeço ao meu orientador, Decio Lopes Cardoso, por ter feito as sugestões necessárias para este trabalho, e cedido o espaço do Laboratório de Geotecnia da Unioeste, para que este estudo se tornasse possível

Agradeço a Beatriz, ex aluna e amiga, e a Andréia, que me ajudaram a realizar muitos ensaios de laboratório.

Agradeço ao Alcides, por ter me apresentado o processo na Faricon e tirado algumas dúvidas.

Agradeço em especial o Matheus, por ter ajudado a separar material, por ter buscado material em Toledo num dia que eu estava muito atarefada, e pela companhia no laboratório, dando motivação para continuar.

Agradeço ao pessoal do escritório, Paulo, Letícia, Melissa e Vinícius, por compreenderem minha ausência e ajudarem na execução de diversos trabalhos.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	14
<b>2.1.</b>	<b>RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS</b>	14
<b>2.2.</b>	<b>BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS: BIODIGESTOR MODULAR</b>	14
<b>2.3.</b>	<b>BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS: CINZA DA CASCA DE ARROZ</b>	15
<b>2.4.</b>	<b>MATÉRIAS PRIMAS CERÂMICAS</b>	15
<b>2.4.1.</b>	<b>Latossolo Vermelho Distroférrico</b>	17
<b>2.4.2.</b>	<b>Caulinita</b>	17
<b>2.4.3.</b>	<b>Bentonita</b>	18
<b>2.4.4.</b>	<b>UTILIZAÇÃO DE CERÂMICAS NO BRASIL</b>	19
<b>2.5.</b>	<b>COMPÓSITOS PARA OBTENÇÃO DE CERÂMICA</b>	19
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	20
<b>3.1.</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E MÉTODOS</b>	20
<b>3.1.1.</b>	<b>Latossolo Vermelho Distroférrico - LVD</b>	20
<b>3.1.2.</b>	<b>Caulinita</b>	20
<b>3.1.3.</b>	<b>Bentonita</b>	20
<b>3.1.4.</b>	<b>CCA (Cinza da Casca de Arroz)</b>	21
<b>3.1.5.</b>	<b>CONDENSADO</b>	21
<b>3.2.</b>	<b>MÉTODOS</b>	22
<b>3.2.1.</b>	<b>Determinação dos compósitos</b>	22
<b>3.2.2.</b>	<b>Determinação do limite de plasticidade e de liquidez</b>	22
<b>3.2.3.</b>	<b>Avaliação da faixa de plasticidade atingida</b>	23
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	23
<b>4.1.1.</b>	<b>Limites de Consistência para Solos sem Aditivos</b>	23
<b>4.1.2.</b>	<b>Limites para composições fixas – LVD+Caulinita</b>	24
<b>4.1.3.</b>	<b>Limites para composições fixas – LVD+CCA</b>	25
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	25
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	27
	<b>ANEXO</b>	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

DBO – DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO

DQO – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

CCA – CINZA DE CASCA DE ARROZ

TFSA – TERRA FINA SECA AO AR

LL – LIMITE DE LIQUIDEZ

LP – LIMITE DE PLASTICIDADE

LVD – LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO

UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Limites para Solos sem Aditivos .....	23
Tabela 3 Limites para LVD com Bentonita.....	24
Tabela 4 Limites para LVD com CCA.....	25



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 Classificação Burmister de plasticidade .....	23
--	----

## RESUMO

SILVA, B.P. Estudo Da Utilização De Cinza De Casca De Arroz E Efluente De Biogás Na Plasticidade De Materiais Cerâmicos. 2017. 32p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus de Toledo. Toledo/PR.

O estudo analisou a importância de se buscar tecnologias para o desenvolvimento sustentável, no ramo dos produtos cerâmicos vermelhos. Foram avaliadas as características de plasticidade de três tipos de solos, Latossolo Vermelho distroférico, caulinita e bentonita, quando ensaiados com água e com gás condensado (efluente de biogás). Foram feitos compósitos, sendo o Latossolo considerado a matriz e as adições de caulinita, bentonita e cinza de casca de arroz consideradas como reforços. A metodologia empregada seguiu as prerrogativas das normas da ABNT, NBR 6459 para determinação do limite de liquidez. O principal foco da análise foi a variação na faixa de plasticidade dos compósitos quando o fluido de moldagem muda de água para gás condensado. Os resultados mostraram que o Latossolo Vermelho *in natura* não apresenta uma elevada plasticidade, sugerindo-se a incorporação de aditivos, enquanto a caulinita e a bentonita *in natura* apresentam plasticidades altas. A incorporação dos reforços elevou a plasticidade da matriz, sendo que a caulinita implicou em menor incremento de plasticidade e a bentonita em maior incremento. Observou-se também que a utilização do gás condensado em substituição a água resultou em melhora das características plásticas da matriz, sugerindo seu uso na fabricação de peças cerâmicas. A contribuição deste estudo está na redução da utilização de recursos naturais e na substituição da água por um resíduo industrial, na produção de materiais cerâmicos, no que se refere à melhoria da plasticidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** solo; cerâmica; incorporação de resíduos industriais.

## ABSTRACT

SILVA, B.P. Study Of The Use Of Ash From Rice Husk And Biogas Effluent In The Plasticity Of Ceramic Materials. 32p. 2017. Dissertation (Master in Environmental Sciences). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus of Toledo. Toledo/PR.

The study analyzed the importance of seeking technologies for sustainable development in the field of red ceramic products. The plasticity characteristics of three types of soils, dystroferric Red Latosol, kaolinite and bentonite were evaluated when tested with water and with condensed gas (biogas effluent). Composites were made, and the Latosol was considered as the matrix and the additions of kaolinite, bentonite and rice husk ash as reinforcements. The methodology used followed the prerogatives of ABNT standards, NBR 6459, to determine the liquidity limit. The main focus of the analysis was the variation in the plasticity range of the composites when the molding fluid changes from water to condensed gas. The results showed that the Red Latosol *in natura* does not present a high plasticity, suggesting the incorporation of additives, whereas kaolinite and bentonite *in natura* have high plasticity. The incorporation of the reinforcements increased the plasticity of the matrix, and the kaolinite implied a smaller increase of plasticity and the bentonite in a larger increase. It was also observed that the use of condensed gas in substitution of water resulted in an improvement of the plastic characteristics of the matrix, suggesting its use in the manufacture of ceramic pieces. The contribution of this study is the reduction of the use of natural resources and the substitution of water by an industrial residue, in the production of ceramic materials, as regards to the improvement of plasticity.

**KEY WORDS:** soil, ceramics, incorporation of industrial waste.

## 1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental deve ser estudada em relação a iniciativas não limitadas apenas a explorar recursos não renováveis com moderação, deve-se incluir uma visão distinta do processo econômico e dos princípios naturais que envolvem esses recursos. Tradicionalmente, os resíduos inorgânicos não perigosos vêm sendo descartados em aterros sanitários e muitas vezes despejados diretamente nos corpos hídricos sem tratamento adequado (AGÊNCIA EUROPÉIA DE MEIO AMBIENTE, 2007). O aumento contínuo do volume de resíduos requer não apenas medidas que reduzam sua geração, mas também reciclagem e recuperação (ANDREOLLA *et al.*, 2016).

Brandalise (2008) afirma que sustentabilidade compreende entender e definir o quanto de recursos são utilizados, o quanto de resíduo é produzido e o quanto de crescimento populacional o meio ambiente pode suportar. Neste contexto, as indústrias sentem a necessidade de demonstrar que estão produzindo de forma sustentável, reduzindo desperdícios em seus meios de produção e o impacto gerado por seus resíduos produzidos. Conforme Tibor & Feldman (1996), cada vez mais existe uma tendência mundial em focalizar uma melhor gestão ambiental, visto que ela já transpôs uma função complementar à parte integral das operações empresariais, tornando-se uma questão estratégica, e não somente um cumprimento de normas.

Conforme IPARDES (2008), a industrialização do oeste paranaense foi um desdobramento do processo de ocupação da região, e ainda hoje está vinculada à base agrícola regional. O povoamento efetivo fez da derrubada das matas e da exploração da vegetação natural a principal atividade industrial, seguida da transformação da produção agropecuária que foi tomando conta das áreas desmatadas. As principais atividades industriais são o abate de animais, fabricação de óleos vegetais e extração de madeira. Vale ressaltar que, desde o início do processo de industrialização do oeste do Paraná, os municípios de Cascavel e Toledo são os que apresentam maior grau de industrialização.

Todo processo industrial gera algum tipo de resíduo. No município de Toledo, no período de 2009 a 2011 foi realizado um estudo para industrialização de dejetos suínos, conduzidos pela equipe do professor Camilo Morejon, culminando no projeto de um biodigestor modular. Entretanto, esse biodigestor produz um efluente, proveniente da condensação dos gases produzidos no processo.

O arroz é considerado um dos produtos mais importantes consumidos por aproximadamente metade da população mundial (BHULLAR, 2013;

MANISHANKAR, 2015), e ainda conforme Seck *et al.* (2012), será necessário aumentar a produção de arroz em até 10 milhões de toneladas por ano na próxima década, a fim de atender a crescente demanda global. A produção de arroz mundial foi em torno de 740 milhões de toneladas em 2014 (ELICHE-QUESADA *et al.*, 2016). O arroz é um produto bastante consumido no Brasil. Quando colhido, o arroz vem com casca. Na indústria de beneficiamento, a casca é removida e utilizada como combustível para a parbolização do arroz, produzindo um resíduo, a cinza da casca de arroz. Essa cinza vem sendo estudada como reforço para solos e concretos (MEHTA, 1992). Atualmente, a indústria da construção utiliza a cinza em vários produtos, como a substituição de uma parcela de cimento na produção de concreto (Cuenca *et al.*, 2013) e estabilização do solo (VASSILEV *et al.*, 2013; SHERWOOD, 2011; DEL VALLE-ZERMEÑO *et al.*, 2014). A adição de cinza de casca de arroz como um material cru na produção de cerâmica vem sendo estudada por diversos autores, visto que a disposição da cinza tornou-se uma questão ambiental e econômica (ELICHE-QUESADA *et al.*, 2016)

Em se tratando de solo, constata-se que é um material abundante. Justamente por essa característica, os materiais terrosos têm sido fortemente utilizados como material por diversas áreas, sendo uma delas a produção de cerâmicas, como por exemplo, tijolos para construção, cerâmicas decorativas, produtos artesanais. Segundo Zorzi (2011), os materiais cerâmicos têm aplicações tradicionais, como fabricação de telhas, tijolos, peças sanitárias, revestimentos, isolador elétrico, e aplicações avançadas, como na indústria automotiva, eletrônica, tecnologia medida e engenharia mecânica. O ponto em comum entre as cerâmicas, é que necessitam de solo argiloso e água para sua fabricação. Características como plasticidade, retração e resistência da peça cerâmica pronta são importantes para seus diversos usos.

O presente trabalho visa encontrar uma forma de reaproveitar resíduos, incorporando-os ao solo para melhoria de suas características para produção de cerâmica vermelha. O principal objetivo da incorporação desses resíduos no solo é evitar os danos causados à natureza decorrentes do seu despejo inapropriado e ao mesmo tempo atuar na preservação dos recursos naturais, em particular a substituição da água por efluentes de biodigestor, reduzindo sua exploração para a obtenção de materiais nobres e também, manter as características exigidas para o produto cerâmico finalizado.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

As atividades agroindustriais são grandes geradoras de resíduos. Uma característica importante desse tipo de resíduo é que ele apresenta elevada concentração de material orgânico, e sua destinação aos corpos hídricos pode provocar uma redução da concentração de oxigênio dissolvido nesse meio. Quando há lançamentos de grandes quantidades de material orgânico no corpo hídrico, as bactérias aeróbias, com a função de estabilizar o material orgânico presente, passam a utilizar o oxigênio disponível no meio aquático para degradá-lo. Por isso torna-se importante o tratamento adequado desses resíduos, a fim de que eles possam ser lançados em um corpo hídrico obedecendo aos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental.

Os tratamentos convencionais utilizados, como as lagoas aeróbias, lagoas anaeróbias, lagoas de maturação, hoje não se mostram eficientes na redução de material orgânico (demanda bioquímica de oxigênio) e na redução de toxicidades (materiais contaminantes, metais pesados), por isso existe a necessidade de inovação tecnológica com tratamentos mais avançados.

### **2.2. BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS: BIODIGESTOR MODULAR**

O biodigestor modular foi um projeto desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Unioeste. Seu principal objetivo é o de produzir biogás, biofertilizante e bio-ração, para uso tanto na área rural, quanto na urbana e na industrial, visando melhorar a utilização e eficiência em relação aos biodigestores similares existentes.

Morejon *et al* (2012) afirmam que os biodigestores são uma nova concepção energética de reaproveitamento de biomassa para a geração de energia barata, limpa e de fácil acesso, promovendo a redução da poluição. O problema com os biodigestores na configuração atual, é que eles apresentam elevado custo de implantação, o que dificulta sua incorporação em pequenas propriedades, além de não promover a mistura adequada de biomassa, favorecendo a formação de crostas sólidas, que dificultam a passagem do gás, diminuindo assim a eficiência do biodigestor. O biodigestor modular foi desenvolvido para resolver esses problemas.

### **2.3. BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS: CINZA DA CASCA DE ARROZ**

A perspectiva de diminuição das reservas de combustíveis fósseis e o aumento dos problemas ambientais decorrentes de sua utilização resultam em uma demanda por fontes de energia renováveis (ACIKGOZ, 2011).

A casca de arroz é a camada mais externa do grão de arroz e tem um grande potencial para gerar bioenergia: uma tonelada de casca de arroz pode gerar 800 kW (ZAFAR, 2015). A casca é separada do grão de arroz durante o processo de moagem, sendo uma fonte abundante e disponível de biomassa (ELICHE-QUESADA *et al.*, 2016).

A queima da casca de arroz gera um novo resíduo, nomeado cinza de casca de arroz – CCA, que corresponde a cerca de 20% do volume da casca de arroz produzida (SMITH *et al.*, 2009; KISHORE *et al.*, 2011; PRASERTSAN e SAJJAKULNUKIT, 2006). Folleto *et al.* (2005) e Kumar *et al.* (2012) relatam que a CCA apresenta uma grande concentração de sílica, sendo estimada em 92%, fazendo dessa cinza um resíduo com grande potencial econômico, tendo grande aplicação nas indústrias da construção e produção cerâmica (SOBROSA; STOCHERO; MARANGON, 2017). A CCA apresenta sílica em forma amorfa ou cristalina, dependendo das condições de queima (CUENCA *et al.*, 2013). Enquanto a sílica amorfa é utilizada em cimentos e argamassas (METHA e PITT, 1976), a sílica cristalina é utilizada para produtos como aço e cerâmica (BRONZEAOK, 2003). Dependendo da temperatura de queima, obtém-se sílica amorfa ou sílica cristalina: temperaturas acima de 800°C produzem sílica cristalina (HWANG e CHANDRA, 1997), enquanto temperaturas inferiores produzem sílica amorfa (MUTHADHI *et al.*, 2007).

### **2.4. MATÉRIAS PRIMAS CERÂMICAS**

A plasticidade de um material é tida como a capacidade de conformação/trabalhabilidade do mesmo. As matérias primas cerâmicas podem ser classificadas, conforme Conceição (2011), como plásticas (materiais argilosos) e não plásticas. Barba *et al* (1997) reforça que os materiais plásticos são essenciais na fase de conformação do material cerâmico, e são responsáveis pela trabalhabilidade e resistência mecânica a cru; já os materiais não plásticos, atuam na conformação, na

retração e na secagem, mas sua principal atuação é no processamento térmico, controlando a sinterização do material (LLORENS, 2000).

As características das argilas dependem da natureza mineralógica e do tamanho de partículas que apresentam (granulometria). Cada elemento que compõe a argila, tem uma importância singular, descrita a seguir, conforme elucidado por Biffi (2002):

- Sílica ( $\text{SiO}_2$ ): está presente em qualquer tipo de solo, na CCA, na betonita e no caulim. Quanto menor o percentual de sílica, maior a plasticidade do material.

- Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): também presente em qualquer tipo de solo e no caulim. Quanto maior a alumina, maior também a presença de caulinita, o que confere um maior grau de plasticidade e aumenta a proporção de mulita na sinterização.

- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : bastante presente no solo de Cascavel – PR (cerca de 20%). É considerada uma impureza colorante, indesejável para alguns materiais cerâmicos.

- $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ : são elementos modificadores do poder de fundência, ou seja, quanto maior a concentração desses materiais, menor a temperatura necessária para sinterização.

A profundidade de coleta de argilas para a produção de cerâmica deve ser observada, visto que presença de matérias orgânicas comprometeria a resistência mecânica final da peça.

Segundo Sánchez *et al* (2001), o caulim é utilizado para garantir uma melhor plasticidade e maior brancura da massa, além de promover o desenvolvimento de microestrutura na sinterização, devido ao aumento da proporção de mulita cristalizada. Conceição (2011) reitera que o caulim é um material oriundo da caulinita, e pode ser utilizado como aditivo ou substitutivo das argilas plásticas, porém apresentando plasticidade e resistência a seco inferiores a estas argilas, porém há ganho significativo no comportamento do material na queima e apresenta menor conteúdo de matéria orgânica.

Santos (1992), afirma que o cristal primário do caulim é muito maior que o da argila e muito menor que o das areias, garantindo um melhor empacotamento das partículas. Um melhor empacotamento de partículas promove um menor índice de vazios, o que garante uma maior densidade ao material e também maior resistência mecânica.



A composição de um material cerâmico não depende apenas das argilas plásticas, mas também dos materiais fundentes. Dentre estes materiais, podem-se destacar feldspatos e quartzo. Conceição (2011) diz que “a importância de um material fundente na massa cerâmica está relacionada com a sua capacidade de diminuir a temperatura de formação de fase líquida durante o processo de queima”, ou seja, tende a reduzir a porosidade do produto final, pois o líquido formado preenche as cavidades do corpo cerâmico (SÁNCHEZ *et al.*, 2001).

A produção mundial de blocos cerâmicos requer uma massiva quantidade de matérias-primas cruas, que até hoje ainda é baseado no sistema tradicional de argila-sílica-feldspato (ANDREOLLA *et al.*, 2016). Os blocos cerâmicos são produzidos a partir de matérias-primas com uma composição química e mineralógica extremamente abrangente, e por esse motivo esses materiais podem tolerar a presença de diferentes tipos de resíduos urbanos e industriais (DONDI; MARSIGLI; FABBRI, 1997).

#### **2.4.1. Latossolo Vermelho Distroférico**

Os latossolos são típicos de países de clima tropical. Estima-se que essa classe de solo cubra 40% do território brasileiro (ANDRADE *et al.*, 2004). Marques (2009) reporta que esses solos são formados pelo intenso intemperismo de rochas e sedimentos. A fração de argila do latossolo é dominada por caulinitas, óxidos de ferro e óxidos de alumínio.

O latossolo vermelho distroférico - LVD apresenta coloração vermelha acentuada, porque conforme Embrapa (2017), apresenta altos teores de óxidos de ferro e são identificados em extensas áreas nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país. É um solo muito importante para a produção de grãos no Brasil, visto que ele ocorre predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, favorecendo a mecanização agrícola.

#### **2.4.2. Caulinita**

A caulinita, segundo Jesus *et al.* (2013), é o argilomineral que é encontrado com mais frequência nos solos tropicais, sendo formada através do intemperismo das rochas ou também como constituinte de rochas sedimentares.

Cardoso (1994) reforça que a caulinita é um argilomineral abundante em solos

de clima quente e úmido. Ela pode se formar em solos, através do alumínio e do silício liberados pelo intemperismo de minerais primários e secundários. Essa condição, aliada a forte drenagem e pH ácido, intensifica a perda de sílica, formando a caulinita.

A respeito de suas características tecnológicas, Murray (1986) afirma que o amplo campo de aplicação industrial é devido as suas características, das quais, destaca-se:

- Único mineral industrial quimicamente inerte em um intervalo grande de pH
- Coloração branca
- Capacidade de cobertura quando usado como pigmento
- Fácil dispersão
- Compatível com quase todos os adesivos
- Baixa condutividade térmica e elétrica
- Maciez e baixa abrasividade
- Preço competitivo quando comparado com materiais alternativos

Farias (2009) diz que o caulim é uma importante matéria prima para inúmeras indústrias, como: papel, fibra de vidro, plástico, tintas e cerâmica branca. Roskill (2006) destaca que em 2005, o consumo de caulim em cerâmica foi de 4,6 milhões de toneladas, e que o mercado de cerâmicas é o segundo maior consumidor global de caulim. Sua utilização é dada em peças de cerâmica branca, variando de 20% em porcelanas elétricas, 25% em louças diversas e 20 a 60% em porcelanas diversas.

### **2.4.3. Bentonita**

As rochas bentoníticas são compostas essencialmente por argilas esmectitas, formada pela devitrificação e alteração química do material vítreo de origem ígnea (SOUZA SANTOS, 1992). É classificada como um aluminossilicato, que em sua forma natural apresenta os íons trocáveis  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  (LÍBANO *et al*, 2012).

#### **2.4.4. UTILIZAÇÃO DE CERÂMICAS NO BRASIL**

O setor cerâmico é um importante consumidor de minerais industriais. Diversos segmentos do ramo cerâmico consomem, por ano, mais que 100 milhões de toneladas de rochas e minerais (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2010). A fabricação de produtos cerâmicos concentra-se nas regiões sul e sudeste do Brasil (BUSTAMENTE & BRESSIANI, 2000).

#### **2.5. COMPÓSITOS PARA OBTENÇÃO DE CERÂMICA**

Compósitos podem ser definidos como materiais de moldagem estrutural, formados por uma fase contínua polimérica e reforçada por uma fase descontínua que se agregam físico-quimicamente após um processo de cura (GOLDONI, 2008). Durante o processo de cura, pode ocorrer o *crosslinking*, que seria o processo de integração entre o material componente da matriz e seu reforço, resultando em propriedades especiais como: aumento da resistência mecânica, melhora de plasticidade e leveza. Cardoso *et al.* (2015) reportam que os compósitos estão sendo cada vez mais utilizados na construção civil, visto que os materiais resultantes atendem as necessidades do mercado e podem ser mais econômicos.

Com o aumento do custo das matérias-primas e a diminuição do consumo de recursos naturais, o uso de resíduos e subprodutos como matéria-prima torna-se necessário (ELICHE-QUESADA *et al.*, 2016). A adição de CCA na produção de blocos cerâmicos vem sendo estudada por muitos autores.

Nas últimas décadas, o aumento da produção industrial levou a uma rápida diminuição dos recursos naturais disponíveis e portanto, formas de reutilização de vários resíduos foram estudadas, incluindo a incorporação em blocos cerâmicos.

Muitos materiais, devido a sua distribuição granulométrica, são utilizados para controlar a plasticidade típica das matérias-primas argilosas e obter um melhor nível de trabalhabilidade com um menor consumo de água. A quantidade de resíduos adicionados a matriz pode variar entre 10 e 60% em peso (BILGIN *et al.*, 2012; AL-ZBOON *et al.*, 2010).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E MÉTODOS**

##### **3.1.1. Latossolo Vermelho Distroférico - LVD**

O solo é típico originário na região centro sul do Terceiro Planalto Paranaense (MINEROPAR, 1998), sendo classificado pedologicamente como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 1999) e geotecnicamente como argila plástica com alta compressibilidade, bem drenado, originado da decomposição do basalto, contém elevados teores de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), cerca de 20%, e com isso apresenta forte atração magnética, se fragmenta com facilidade quando úmido e bastante resistente à erosão laminar.

O solo foi coletado do campus da Unioeste – Cascavel, próximo ao prédio da Reitoria, a uma profundidade mínima de 0,5 m a fim de minimizar a presença de matéria orgânica e outros materiais contaminantes. Depois de coletado, o solo foi colocado para secar à sombra, nas dependências do laboratório de Geotecnia.

##### **3.1.2. Caulinita**

A composição da caulinita é  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  (GRIM, 1968). Segundo Conceição (2011), a caulinita é um material que apresenta plasticidade e resistência mecânica a seco inferiores às argilas plásticas, porém seu comportamento de queima é superior, além de apresentar menor conteúdo de matéria orgânica. É matéria prima da indústria cerâmica. A caulinita utilizada neste trabalho é proveniente da região de Itamarajú, Bahia, sendo fornecida pela empresa Monte Pascoal – Mineração de Caulim. A caulinita adquirida é denominada “Coat Extrafino”, sendo uma caulinita pura, isenta de haloizita. Conforme informações obtidas com a empresa, o Coat Extrafino em sua composição química apresenta 39,8% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 43% de  $\text{SiO}_2$  e no máximo 1% de água. O tamanho médio da partícula fica 94% abaixo de 02 micra e o pH de 5,0 (máximo).

##### **3.1.3. Bentonita**

Conforme Luz & Oliveira (2008), a bentonita possui uma característica física peculiar: expande várias vezes o seu volume, quando em contato com a água. E de acordo com Silva (2011), as bentonitas são caracterizadas por apresentar partículas muito finas e com elevada carga superficial, e são principalmente utilizadas como aglomerantes de areias de moldagem usadas em fundição e impermeabilização de solos. Esse material foi fornecido pela empresa Schumacher – Insumos para a Indústria, localizada em Novo Hamburgo, RS.

A bentonita adquirida é denominada Polenita – Bentonita Sódica Natural. Sua composição química, conforme informações do fornecedor, é de 66,78% de SiO<sub>2</sub>, 15,80% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O restante da composição consiste em demais óxidos. Seu pH é de 8,5. O tamanho médio da partícula fica 96% abaixo de 2 micra, o que caracteriza esse material como sendo extremamente fino.

Conforme Shcumacher Insumos (2016), a bentonita sódica natural apresenta alta pureza mineralógica, pertencendo a formação geológica de idade miocênica. Para o uso cerâmico, é destacado que a incorporação de 2% de bentonita na massa cerâmica já melhora substancialmente a plasticidade, pois apresenta em torno de 35 vezes mais material argiloso em forma coloidal do que as argilas plásticas usuais. Como vantagens, ainda pode-se citar o aumento da resistência em verde, diminuindo as perdas na sua manipulação, além de incorporar capacidade fundente para um cozimento mais preciso.

#### **3.1.4. CCA (Cinza da Casca de Arroz)**

A casca de arroz é o principal subproduto das operações de beneficiamento de arroz. Esse resíduo, por apresentar alto poder calorífico, é utilizado como fonte energética (POUEY, 2006). Porém, a queima da casca de arroz gera a cinza da casca de arroz. A cinza utilizada foi fornecida pela empresa Pilecco Nobre, que atua no ramo do beneficiamento do arroz na cidade de Alegrete – RS.

#### **3.1.5. CONDENSADO**

É o efluente proveniente da condensação de gases produzidos em biodigestores, apresenta pH elevado, o que pode melhorar a plasticidade do material cerâmico, e foi obtido por meio de parceria com a Faricon Agrícola S/A, localizada em Toledo-PR. O

biodigestor é modular, conforme patenteado pela Unioeste, representada pelos pesquisadores Camilo Freddy Mendoza Morejon, Carlos Alberto Piacenti, Cleber Antonio Lindino, Fernando Palú, Luiz Telmo da Silva Auler, Reinaldo Aparecido Bariccatti, Sérgio Faria, Weimar Freire da Rocha Jr., José Augusto de Sousa, sob o registro nº MU 8403433-5 Y1.

Após a coleta do vapor e sua condensação, obtém-se o resíduo. Do ponto de vista do processo, o condensado é considerado um efluente (CONAMA, 2011; ABNT, 1987). Apresenta características físicas de um líquido transparente, viscoso e com forte odor. Conforme relatórios fornecidos pela Allabor Laboratórios LTDA, as características químicas do Condensado são: 3,64mg/L de nitrato, 5,67mg/L de nitrito, 213,58mg/L de nitrogênio amoniacal. Sua DBO é 172,7mg/L e sua DQO é 516,8mg/L. A utilização do condensado visa a substituição de água no processo de produção de cerâmica.

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. Determinação dos compósitos**

Considerando os materiais utilizados, foram feitas hipóteses de composições fixas, que estudaram a mistura do LVD com reforço de caulinita, bentonita e CCA em percentuais fixos (de 10 ou 20%), sendo realizados ensaios com água e com condensado.

### **3.2.2. Determinação do limite de plasticidade e de liquidez**

O limite de plasticidade do solo (LP) foi determinado seguindo a NBR 7180 (ABNT, 1984), e o limite de liquidez (LL) foi determinado conforme prescrições da NBR 6459 (ABNT, 1984). Foram coletadas 10 amostras para cada ensaio e composição, resultando em 360 amostras.

Para o limite de liquidez, construiu-se um gráfico, cujas abcissas (em escala logarítmica) são os números de golpes e as ordenadas (em escala aritmética) são os teores de umidade, e ajustou-se uma linha tendência. A partir da equação de melhor ajuste estatístico, considerou-se satisfatório um coeficiente  $R^2$  acima de 0,90, obtendo-se

o teor de umidade correspondente a 25 golpes, o qual corresponde ao limite de liquidez do solo.

Para o limite de plasticidade, foram considerados satisfatórios os valores de umidade obtidos quando, de pelo menos quatro, nenhum deles diferiu de mais de 5% dessa média. O resultado final é a média desses valores.

### 3.2.3. Avaliação da faixa de plasticidade atingida

Para avaliação da faixa de plasticidade, foi calculado o índice de plasticidade IP, subtraindo-se do LL o LP. Para quantificar a plasticidade, utilizou-se o quadro de classificação de Burmister, conforme sugerido por Das (2007):

Quadro 1 Classificação Burmister de plasticidade

IP	Descrição
0	Não Plástico
1 - 5	Ligeiramente Plástico
5 - 10	Plasticidade Baixa
10 - 20	Plasticidade Média
20 - 40	Plasticidade Alta
> 40	Plasticidade Muito Alta

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1.1. Limites de Consistência para Solos sem Aditivos

Foram realizados ensaios para limites de liquidez e plasticidade para solos sem adição de nenhum aditivo.

A tabela 1 apresenta os resultados comparativos entre limite de liquidez, o limite de plasticidade, bem como o índice de plasticidade e sua classificação conforme Burmister.

Tabela 1 Limites para Solos sem Aditivos

AMOSTRA	LL	LP	IP	Classificação
LVD+H2O	51,35	43,91	7,44	BAIXA
LVD+Condensado	54,29	40,15	14,14	MÉDIA

<b>Caulinita+H2O</b>	59,94	41,06	18,88	MÉDIA
<b>Caulinita+Condensado</b>	75,86	42,99	32,87	ALTA
<b>Bentonita+H2O</b>	88,84	34,32	54,52	MUITO ALTA
<b>Bentonita+Condensado</b>	148,76	46,58	102,18	MUITO ALTA

O LVD, apesar de conter um grande percentual de argila em sua composição, não apresenta plasticidade baixa, apontado a necessidade de se acrescentar aditivos plastificantes para melhorar a trabalhabilidade desse solo para produção de cerâmica. A substituição da água pelo condensado elevou a faixa de plasticidade em 14,14%, passando de baixa a média na escala de Burmister. Zen (2016) em seu trabalho obteve valores de limite de liquidez para o LVD em água variando entre 45 e 65% e para o limite de plasticidade entre 30 e 45%. De maneira semelhante, Ramella (2016) obteve um valor de limite de liquidez de 51% para o LVD em água. Em se tratando de bentonita, Huse (2007) obteve o valor de 505,6% para limite de liquidez e 46,3% para limite de plasticidade, portanto a bentonita é um material que apresenta uma plasticidade bastante elevada. Para a caulinita, Cardoso (2000), obteve o valor de 77% para o limite de liquidez e 44% para o limite de plasticidade.

#### 4.1.2. Limites para composições fixas – LVD+Caulinita

Foram realizados ensaios para limites de liquidez e plasticidade para LVD com adição de caulinita em percentuais fixos.

A tabela 3 apresenta os resultados comparativos entre limite de plasticidade e liquidez.

Tabela 2 Limites para LVD com Bentonita

<b>AMOSTRA</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>	<b>Classificação</b>
<b>LVD+Bentonita10+H2O</b>	74,12	39,9	34,22	ALTA
<b>LVD+Bentonita20+H2O</b>	89,62	32,51	57,11	MUITO ALTA
<b>LVD+Bentonita10+Condensado</b>	64,27	51,28	12,99	MEDIA
<b>LVD+Bentonita20+Condensado</b>	60,8	38,38	22,42	ALTA

O acréscimo de bentonita no LVD aumentou significativamente o índice de plasticidade. Apesar de ser demonstrado na tabela 1 que houve um incremento no índice de plasticidade da bentonita com a utilização de condensado em substituição a água, quando a bentonita foi acrescentada ao LVD e foi utilizado o condensado, o índice de plasticidade foi inferior aos índices obtidos com água.



### 4.1.3. Limites para composições fixas – LVD+CCA

Foram realizados ensaios para limites de liquidez e plasticidade para LVD com CCA em percentuais fixos.

A tabela 4 apresenta os resultados comparativos entre limite de liquidez.

Tabela 3 Limites para LVD com CCA

AMOSTRA	LL	LP	IP	Classificação
LVD+CCA10+H2O	50,17	34,1	16,07	MEDIA
LVD+CCA20+H2O	49,5	39,29	10,21	MEDIA
LVD+CCA10+Condensado	50,29	34,61	15,68	MEDIA
LVD+CCA20+Condensado	45,84	36,02	9,82	BAIXA

A adição de CCA apresentou uma boa melhora no índice de plasticidade do LVD, sendo inclusive superior aos índices obtidos pela adição de caulinita, porém inferior aos índices obtidos pela adição de bentonita. Vale ressaltar que ficou claro que a adição de um percentual superior de CCA não apresentou um resultado melhor, sendo sugerido seu uso com um percentual menor (10%). Kazmi *et al.*(2016) estudaram a incorporação de CCA na fabricação de tijolos de argila e concluiu que adição de 5% de CCA produziu tijolos que atendem aos requisitos padrão, embora apresentem resistência mecânica inferior, mas mesmo assim foi sugerido seu uso na fabricação de tijolos cerâmicos, barateando os custos de produção. Balensiefer (2017) aplicou 15% de CCA ao LVD, reduzindo o LL para 48,00% mas reprimindo fortemente o LP para 32,28%, aumentando o IP para 15,63%, portanto ampliando a faixa de plasticidade. Chiang *et al.* (2009) sugerem que o percentual de CCA a ser adicionado não deva ser superior a 15%, visto que o aumento da quantidade de cinza de casca de arroz aumenta a absorção de água, o que leva a uma maior temperatura de cozimento dos blocos cerâmicos e um maior gasto energético. Eliche-Quesada (2016) postula que tijolos com CCA apresentaram alta absorção de água, chegando a 32,9% quando a proporção de cinza atingiu 30%.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que a incorporação de Condensado em substituição a água na fabricação de produtos cerâmicos apresenta

melhora significativa na plasticidade do material, promovendo economia de água e redução do impacto ambiental gerado pelo Condensado na natureza. Atualmente, a poluição e eliminação de resíduos industriais são problemas de grande importância, do setor e da sociedade como um todo (REIS *et al*, 2014). Mesmo na composição de LVD com Bentonita, onde o condensado em substituição a água apresentou um desempenho menor, sugere-se sua utilização como forma de redução de passivo ambiental.

A utilização de caulinita para melhora de plasticidade não apresentou resultados satisfatórios, porém foi observado um incremento de plasticidade, o que sugere seu uso na fabricação de cerâmica.

Os resultados obtidos encorajam a utilização de CCA e condensado na produção de cerâmica, visto que eles reduzem a utilização de matérias primas, contribuindo para a preservação ambiental.

## 6. REFERENCIAS

- ANDRADE, F.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; CORREA, M.L.T.; MENDONÇA, E.S. **Carbon stocks in Brazilian Latosols (Oxisols) from different morphoclimatic regions and management systems**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.35, n. 15/16, p. 2125-2136,2004.
- ANDREOLA, F., BARBIERI, L., LANCELLOTTI, I., LEONELLI, C., MANFREDINI, T. Recycling of industrial wastes in ceramic manufacturing: State of art and glass case studies, **Ceramics International**, 42, p. 13333–13338, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Liquidez - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9800**: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.
- BALENSIEFER, A.R. **Comportamento reológico de cerâmicas avançadas**. Relatório de pesquisa Iniciação Científica. Cascavel: UNIOESTE-PRPPG, 2017. 10 p.
- BARBA, A., BELTRÁN, V., FELIÚ, C., GARELA, J., GINEZ, F. SÁNCHEZ, E., SANZ, V. **Matérias-primas para la fabricación de soportes de baldosas cerâmicas**. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica, p. 112-191, 1997.
- BHULLAR, N., GRUISSEM, W., 2013. Nutritional enhancement of rice for human health: the contribution of biotechnology. **Biotechnology Advances**. 31, 50–5.
- BIFFI, G. **O grês porcelanato**: Manual de fabricação e técnicas de emprego. 2002.
- BRANDALISE, L. T. **A percepção do consumidor na análise do ciclo de vida do produto**: um modelo de apoio à gestão empresarial. Cascavel: EDUNIOESTE, 2008.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA**. Resolução CONAMA N 430, de 13 de Maio de 2011. In: Resoluções, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 05/05/2017
- BRONZEOAK LTDA. **Rice Husk Ash Market Study**. UK Department of Trade and Industry. BTG Biomass Technology Group, 2012.
- BUSTAMANTE, G.M., BRESSIANI, J.C. **A indústria cerâmica brasileira**. Ceramic News 7. 2000.
- C. ACIKGOZ, Renewable energy education in Turkey, **Renewable Energy**, Brighton-UK, v. 36, n. 2, p.608-611, fev. 2011.

CARDOSO, D. L.; KAMINSKI, T.B.; GOLDONI, F.S.; VENSON, G.I.; CANCELIER, C.D. (2015). A study of the nature of the shear strength of soil-waste composites. **Key Engineering Materials**. Vol 634, 400-409.

CARDOSO, D. L. Uma abordagem Unificada dos Aspectos Reológicos e Físico-Químicos do Comportamento de um Solo Caulinitico. 2000. 210f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2000.

CHIANG, K., CHOU, P., HUA, C., CHIEN, K., CHEESEMAN, C. **Lightweight Bricks Manufactured from Water Treatment Sludge and Rice Husks**. Journal of Hazardous Materials, Vol 171. 2009. 271-278.

CONCEIÇÃO, E. S. **Influência da distribuição granulométrica no empacotamento de matérias-primas na formulação de porcelânicos**. Dissertação (Mestrado). E.S.C, São Paulo, 2011.

D. ELICHE-QUESADA, M.A. FELIPE-SESÉ, J.A. LÓPEZ-PÉREZ, A. INFANTES-MOLINA. Characterization and evaluation of rice husk ash and wood ash in sustainable clay matrix bricks, **Ceramics International**, 43 (1), p. 463–475, 2017.

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

DEL VALLE-ZERMEÑO, J.M. CHIMENOS, J. GIRÓ-PALOMA, J. FORMOSA, Use of weathered and fresh bottom ash mix layers as a subbase in road constructions: Environmental behavior enhancement by means of a retaining barrier, **Chemosphere** 117 (2014) 402-409.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

\_\_\_\_\_. **Latosolos Vermelhos**. 2017. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html)> Acesso em 03 de jan. 2017.

F.Z. SOBROSA, N.P. STOCHERO, E. MARANGÓN, M.D. TIER. Development of Refractory Ceramics from Residual Silica Derived from Rice Husk Ash, **Ceramics International**, 43, p. 7142–7146, 2017.

FACINCANI, E. **Tecnologia cerâmica – los Ladrillos**. Faenza Ed. Iberica S.L. Editora, Barcelona, Espanha. 1993.

FOLLETO, E.L., HOFFMANN, R., HOFFMANN, R.S., Portugal, U.L., Jahn, S.L., 2005. Applicability of rice husk ash. **Química Nova** 28, 1055-1060.

GOLDONI, F. S. (2008). **Análise do comportamento mecânico do solo da região de Cascavel condicionado pelo Lodo de Esgoto Calcinado**. TCC. Graduação em Engenharia Civil, UNIOESTE, Cascavel.

HWANG, C.L., CHANDRA, S., 1997. **The Use of Rice Husk Ash in Concrete**, in: Chandra, S. (Ed.), Waste materials used in concrete manufacturing. William Andrew. International Rice Research Institute, 2016. Rice Husk, Rice Knowledge Bank. International Rice Research Institute

IPARDES – INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Oeste paranaense: o 3. Espaço relevante: especificidades e diversidades**. Curitiba, PR. 2008.

J. CUENCA, J. RODRÍGUEZ, M. MARTÍN-MORALES, Z. SÁNCHEZ-ROLDÁN, M. ZAMORANO, Effects of olive residue biomass fly ash as filler in self-compacting concrete. **Constr. Build. Mater.** 40 (2013) 702–709.

JESUS, T.B.; CRUZ, M.A.; SANTOS, L.T.S.O; LIMA, G.L.M.L. **Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA)**. Geochimica Brasiliensis, vol. 27, n 1, pp 49-62, 2013.

K. AL-ZBOON, M. TAHAT, Z.S. ABU-HAMATTEH, M.S. AL-HARAHSEH, Recycling of stone cutting sludge in formulations of bricks and terrazzo tiles, **Waste Manag. Res.** 28 (6) (2010) 568–574.

KAZMI, S.M.S., ABBAS, S., MUNIR, M. J., KHITAB, A. **Exploratory study on the effect of waste rice husk and sugarcane bagasse ashes in burnt clay bricks**. J. Build Eng. 7. (2016). 372-378.

KISHORE, R., BHIKSHMA, V., PRAKASH, P.J., 2011. Study on Strength Characteristics of High Strength Rice Husk Ash Concrete. **Procedia Engineering.** 14, 2666-2672.

KUMAR, A., MOHANTA, K., KUMAR, D., PARKASH, O., 2012. Properties and Industrial Applications of Rice husk: A review. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering** 2, 86-90.

LLORENS, F.G. **Matérias-primas fundentes para a fabricação de grês porcelanato**. Cerâmica e Informação, v. 9, p. 51-55, 2000.

LUZ, A. B., OLIVEIRA, C. H. **Argila – Bentonita**. In Rochas e Minerais Industriais – CETEM. 2008.

M. DONDI, M. MARSIGLI, B. FABBRI, Recycling of industrial and urban wastes in brick production – a review (Part.1), **Tile Brick Int.** 13 (3) (1997) 218–225.

\_\_\_\_\_. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – a review (Part.2), **Tile Brick Int.** 13 (4) (1997) 302–309.

MANISHANKAR, P., J. KUDLA, J., 2015. **Cold Tolerance Encoded in One SNP.** Cell 160 (6), 1209-1221.

MEHTA, P. K. **Rice husk ash – A unique supplementary cementing material.** In: Advances in concrete technology. CANMET. Ottawa, 1992 (407-431).

MEHTA, P. K., PITT, N. **Energy and industrial materials from crop residues.** Resource Recovery and Conservation 2 (1976), 23-38.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Mineração na geração de emprego e renda – oportunidades de negócio com mineração.** Curitiba: SERT, 1998.

MONTE PASCOAL. **Coat extrafino.** Disponível em: <<http://caulimmontepascoal.com.br/produtos/coat-extrafino>>. Acesso em: 06 out. 2016.

MUTHADHI, A., ANITHA, R., KOTHANDARAMAN, S., 2007. **Rice Husk Ash — Properties and its Uses: A Review.** Journal of the Institution of Engineers (India). Civil Engineering Division (Online) 88, 50-56.

N. BILGIN, H.A. YEPREM, S. ARSLAN, A. BILGIN, E. GÜNAY, M. MARSOGLU, Use of waste marble powder in brick industry, **Constr. Build. Mater.** 29 (2012) 449–457.

P. SHERWOOD, **Alternative Materials in Road Construction**, 2nd ed.; Thomas Telford Ltd.: London, UK, 2011.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas a produção de cimento composto e/ou pozolânico.**2006. 320f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

PRASERTSAN, S., SAJJAKULNUKIT, B., Biomass and biogás energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers. **Renewable Energy** Ed. 31 (2006), 599-610.

RAMELLA, C. C. **Desenvolvimento de compósitos para obtenção de cerâmica fina utilizando solo aditivado com resíduos industriais e agroindustriais.** Relatório Final – PIBITI. Unioeste, Cascavel – PR. 2016.

REIS, A., SOUZA, J. PERINI, B.L.B., UENO, O.K.. **Influencia da adição de lodo, de uma estação de tratamento de água (ETA), nas propriedades mecânicas em cerâmica vermelha.** Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT. 2014.

S. ZAFAR, Rice Straw as Bionery Resource. **Bio Energy Consult**; 26, march 2015.

S.V. VASSILEV, D. BAXTER, L. K. ANDERSEN, C.G. VASSILEVA, An overview of the composition and application of biomass ash. Part 2. Potencial utilization, technological and ecological advantages and challenges, **Fuel**, 105 (2013) 19-39.

SÁNCHEZ, E., ORTZ, M.J., GARCÍA-TEN, J., CANTAVELLA, V., **Efeito da composição das matérias-primas empregadas na fabricação de grês porcelanato sobre as fases formadas durante a queima e as propriedades do produto final**. In: Cerâmica Industrial, 2001.

SANTOS, P.S. **Ciência e tecnologia das argilas**. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1992.

SECK, P.A., DIAGNE, A., MOHANTY, S., WOPEREIS, M.C.S., 2012. Crops that feed the world 7: Rice. **International Society for Plant Pathology**. 4, 7-24.

SILVA, T. H. C. **Bentonita**. In DNPM – Sumário Mineral. 2011.

TIBOR, Tom; FELDMAN, Iva. **ISO 14000: um guia para as novas normas de gestão ambiental**. Futura. São Paulo. 1996.

UNIOESTE (Brasil). Camilo Freddy Mendoza Morejon; Carlos Alberto Piacenti; Cleber Antonio Lindino. **Biodigestor modular para produção de biogás, biofertilizante e bio-ração**. BR nº MU 8403433-5 Y1, 25 out. 2004, 22 ago. 2006.

ZORZI, J. E. **Materiais Cerâmicos e aplicações**. Instituto Nacional de Engenharia de Superfícies. Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. 2011.

ZEN, B. A. B. **Caracterização Geotécnica do Subsolo do Campo Experimental do Centro Acadêmico da FAG em Cascavel-PR**. 2016. 109 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel 2016.

## ANEXO

### ESCOLHA DA REVISTA PARA PUBLICAÇÃO

Para posterior publicação do presente trabalho, foi escolhida a Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente (DMA), que é editada pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (PPGMAD) da Universidade Federal do Paraná. A DMA, de qualis B1, ISSN impresso: 1518-952X e ISSN eletrônico: 2176-9109 publica artigos originais e de revisão, ensaios, resenhas de livros publicados recentemente e conferências.

Os principais objetivos da revista são publicar artigos de qualidade sobre temas socioambientais nos âmbitos local, nacional e internacional. A revista é ancorada em uma perspectiva interdisciplinar, e o foco central é a discussão de problemáticas que se inscrevam na interseção entre sociedade e natureza.

### SUBMISSÃO

- A submissão e o acompanhamento do processo de avaliação dos trabalhos enviados a *Desenvolvimento e Meio Ambiente* serão feitos exclusivamente através do Sistema Eletrônico de Revistas – SER da UFPR, no endereço eletrônico [www.ser.ufpr.br/made](http://www.ser.ufpr.br/made).
- A *Desenvolvimento e Meio Ambiente* publica trabalhos em português, inglês, espanhol e francês. Os artigos devem ser enviados em sua língua original, sendo obrigatório título, resumo e palavras-chave na língua original, em português e inglês.
- Devem ser digitados em *OpenOffice* ou *MS Word* (salvos na extensão .doc ou .docx), em tamanho de folha A4, margens superior e inferior de 2,5 cm e esquerda e direita de 3,0 cm, com 1,5 de espaço entre linhas, fonte *Times New Roman* tamanho 12, texto alinhado à esquerda e todas as páginas numeradas. Para este trabalho, optou-se por utilizar o alinhamento justificado, para facilitar a leitura.
- As tabelas e figuras devem estar numerados em algarismos arábicos, com legendas em fonte tamanho 10 e inseridos ao longo do texto, no primeiro ponto conveniente após sua primeira menção.
- Os artigos e ensaios não podem passar de 30 páginas, as resenhas de 5 páginas e as conferências de 20 páginas, incluindo figuras, tabelas e referências.
- A estrutura dos artigos e ensaios deve ser a seguinte: Título na língua original, português e inglês; Resumo (com no máximo 300 palavras) na língua original, português e inglês, acompanhados de três a cinco palavras-chaves em cada um dos idiomas; Introdução; Corpo do artigo, com as seções julgadas pertinentes pelos autores; Agradecimentos (opcional); Referências.
- As notas de rodapé devem estar no fim da página (e não do documento) e numeradas em algarismos arábicos, fonte *Times New Roman* tamanho 10, alinhado à esquerda.
- As citações devem estar ordenadas pelo ano.