

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE  
MATERIAIS**

**ERICA NATASCHE DE MEDEIROS GURGEL PINTO**

**ADIÇÃO DE RESÍDUO CERÂMICO EM PASTAS  
GEOPOLIMÉRICAS PARA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE  
PETRÓLEO.**

Tese Nº 94/PPgCEM

NATAL

2011

ERICA NATASCHE DE MEDEIROS GURGEL PINTO

**ADIÇÃO DE RESÍDUO CERÂMICO EM PASTAS  
GEOPOLIMÉRICAS PARA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE  
PETRÓLEO.**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais.

Área de concentração: Polímeros e compósitos.

ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup> Dr. Dulce Maria A. Melo

Natal

2011

Seção de Informação e Referência  
Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Pinto, Erica Natasche de Medeiros Gurgel.

Adição de Resíduo cerâmico em pastas geopoliméricas para cimentação de poços de petróleo / Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto. – Natal, RN, 2011. 94f.

Orientadora: Dulce Maria de Araujo Melo.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais.

1. Geopolímero – Tese. 2. Resíduo cerâmico - Tese. 3. Cimentação – Tese. I. Melo, Dulce Maria de Araujo. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 666

ERICA NATASCHE DE MEDEIROS GURGEL PINTO

**ADIÇÃO DE RESÍDUO CERÂMICO EM PASTAS  
GEOPOLIMÉRICAS PARA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE  
PETRÓLEO.**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais.

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Dulce Maria de Araújo Melo  
UFRN (Orientadora)

---

Prof. Dr. Júlio Cezar de Oliveira Freitas  
UFRN (Examinador interno)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danielle Martinelli  
UFRN (Examinador interno)

---

Prof. Dr. Érika Pinto Marinho  
UFPE (Examinador externo)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane  
CENPES/PETROBRAS (Examinador externo)

*Há, verdadeiramente, duas coisas distintas: saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber, em crer que se sabe reside a ignorância.*

**Hipócrates, 460-377 a.C**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que participaram da produção deste trabalho, em especial a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dulce Maria de Araújo Melo por sempre ter acreditado em mim.

Agradeço, também, ao PPgCEM e CAPES pelo financiamento da minha bolsa de pesquisa.

## Resumo

O desenvolvimento das atividades do setor de petróleo e gás tem promovido a busca de materiais mais adequados para cimentação de poços de petróleo. No estado do RN, a integridade da bainha cimentante tende a ser prejudicada durante a injeção de vapor, procedimento necessário para aumentar a recuperação do petróleo em reservatórios com óleo de alta viscosidade. O geopolímero é um material que pode ser utilizado como cimento alternativo, uma vez que vem sendo empregado na produção de componentes resistentes ao fogo, na construção de estruturas, e para o controle de resíduos tóxicos ou radioativos. Geopolímeros resultam da condensação polimérica de aluminossilicatos e silicatos alcalinos originando estruturas poliméricas tridimensionais. São produzidos de uma maneira distinta daquela do cimento Portland, onde é feita uma solução ativadora que é misturada ao precursor geopolimérico. Dentre os trabalhos estudados, alguns permitiram-nos concluir que as pastas preparadas com metacaulim como precursor apresentaram melhor desempenho de suas propriedades. Vários estudos apresentam a adição de resíduos argilosos como forma de redução do custo final e melhoria das propriedades da pasta. Com base nisso, o objetivo do trabalho é estudar a influência da adição de rejeito cerâmico em pastas geopoliméricas. Para o desenvolvimento do estudo foram realizados testes de reologia, filtrado, tempo de espessamento, resistência à compressão, água livre, peso específico e permeabilidade, de acordo com o American Petroleum Institute (API). Os resultados encontrados para todas as formulações demonstram que as pastas estudadas apresentam resistência mecânica elevada para uma pasta leve; volume de filtrado baixo; ausência de água livre; permeabilidade muito baixa; pasta fluída, coerente com uma pasta leve; e tempo de espessamento baixo, que pode ser corrigido com a utilização de um retardador de pega. Para caracterização morfológica, microestrutural, físico-química, química e térmica, foram realizadas caracterizações por DRX, MEV, DTA, TG, FT-IR. No ensaio de DRX, verificou-se que o geopolímero é um material amorfo, com um pico cristalino de caulinita. Nos testes de TG/DTA, foi observado a presença de um evento significativo, que representa a perda de massa referente a água, sendo observado também a redução da perda de massa com o aumento da concentração de rejeito cerâmico. No ensaio de MEV, encontrou-se uma matriz uniforme e nos espectros de FT-IR, observou-se a presença da banda referente à água. A partir de todos os resultados foi possível determinar que a faixa de concentração ótima de rejeito cerâmico para uso em pastas geopoliméricas é entre 2,5 e 5 % .

**PALAVRAS-CHAVES:** Geopolímero, resíduo cerâmico, Cimentação de poços de petróleo.

## Abstract

The development of activities the of oil and gas sector have promoted the search for suitable materials for cementing oil wells. In the state of the Rio Grande do Norte, the integrity of the cement sheath tends to be impaired during steam injection, a procedure necessary to increase oil recovery in reservoirs with low-viscosity oil. The geopolymer is a material that can be used as alternative cement, since it has been used in the production of fire-resistant components, building structures, and for the control of toxic or radioactive residues. Geopolymers result from condensation polymer alkali aluminosilicates and silicates resulting three-dimensional polymeric structures. They are produced in a manner different from that of Portland cement, which is made an activating solution that is mixed with geopolymer precursor. Among the few works studied allowed us to conclude that the pastes prepared with metakaolin as precursor showed better performance of its properties. Several studies show the addition of waste clay as a means of reducing cost and improving end of the folder properties. On this basis, the goal is to study the influence of the addition of ceramic waste in geopolymer paste. To develop the study of rheology tests were carried out, filtered, thickening time, compressive strength, free water, specific gravity and permeability, according to the American Petroleum Institute (API). The results for all formulations studied show that the folders have high mechanical strength to a light paste; low filtrate volume, absence of free water, very low permeability, slurry, consistent with a light paste, and thickening time low that can be corrected with the use of a retardant handle. For morphological characterization, microstructural, physical, chemical and thermal tests were carried out by XRD, MEV, DTA, TG, FT-IR. In the trial of XRD, it was found that geopolymer is an amorphous material, with a peak of crystalline kaolinite. In tests of TG / DTA, revealed the presence of a significant event, which represents the mass loss related to water, and also observed the reduction of weight loss by increasing the concentration of ceramic waste. In the trial of MEV, we found a uniform matrix without the presence of other phases. In the trial of FT-IR, we observed the presence of the band related to water. From all results it was determined that the optimum concentration range of use is between 2.5 and 5% of waste ceramic.

Key-words: Geopolymer, ceramic waste, cementing oil wells.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquema mostrando uma operação de cimentação de um poço de petróleo. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2 – Tipos de revestimento para cimentação primária. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3 – Compressão de cimento ou Squeeze ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 4 – Estruturas de geopolímeros. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 5 – Estruturas tetraédricas geopoliméricas mostrando o número de coordenação IV dos átomos de alumínio. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 6 – Estrutura tridimensional do cimento geopolimérico. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 7 – Esquema do mecanismo de geopolimerização. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8 – Processo de fabricação do metacaulim..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 9 – Quadro geral das aplicações do geopolímero **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 10 – Processo de fabricação do porcelanato .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 11 - Obtenção do resíduo de porcelanato durante a reciclagem da água do processo de polimento. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 12 - Armazenagem do resíduo de porcelanato. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13 - Difratograma de raios X do resíduo de porcelanato **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 14 - Resíduo de porcelanato (a) da forma que foi coletado e (b) após a desaglomeração..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 15 – Fluxograma do método de preparo das pastas geopoliméricas..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 16 – Corpo de Prova sendo ensaiado ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 17 - Filtro Prensa Fann HPHT Série 387..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 18 – Fluxograma da discussão dos resultados . **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 19 - Difratograma de raios X do metacaulim ..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 20 – Difração de raios X do resíduo de porcelanato.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 21 – Granulometria a laser do resíduo de porcelanato.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 22 – Pasta geopolimérica preparada com rejeito cerâmico no estado fluido.  
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 23 – Pasta geopolimérica endurecida, preparada com resíduo cerâmico. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 24 – Difratoograma de raios X das pastas geopoliméricas aditivadas com rejeito cerâmico, curadas na temperatura de 60°C. ....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 25 – Micrografia eletrônica de varredura da pasta geopolimérica: (a) sem adição de rejeito cerâmico e (b) com adição de 10% de rejeito.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 26 – Micrografia eletrônica de varredura da pasta geopolimérica com adição de 10% de rejeito cerâmico: (a) com aumento de 240x e (b) com aumento de 2400x.  
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 27 – Mapeamento dos elementos Si, Al, e K na pasta aditivada com 10% de rejeito cerâmico. ....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 28 – Micrografia eletrônica de varredura da pasta geopolimérica: (a) sem adição de rejeito cerâmico e (b) com adição de 10% de rejeito.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 29 – Micrografia eletrônica de varredura da pasta geopolimérica, com aumento de 500x: (a) elétron secundário e (b) retroespalhado.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 30 – Mapeamento dos elementos Si, Al, e K na pasta aditivada com 10% de rejeito cerâmico. ....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 31 – Análises Termogravimétricas das pastas sem adição de rejeito cerâmico.  
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 32 – Análises Termogravimétricas das pastas com adição de 2,5% de rejeito cerâmico.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 33 – Análises Termogravimétricas das pastas com adição de 5% de rejeito cerâmico.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 34 – Análises Termogravimétricas das pastas com adição de 7,5% de rejeito cerâmico.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 35 – Análises Termogravimétricas das pastas com adição de 10% de rejeito cerâmico..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 36 – Espectro no Infravermelho da pasta geopolimérica sem adição de rejeito cerâmico..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 37 – Espectro no Infravermelho da pasta geopolimérica com adição de 2,5 % de rejeito cerâmico..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 38 – Espectro no Infravermelho da pasta geopolimérica com adição de 5 % de rejeito cerâmico..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 39 – Espectro no Infravermelho da pasta geopolimérica com adição de 7,5 % de rejeito cerâmico..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 40 – Espectro no Infravermelho da pasta geopolimérica com adição de 10 % de rejeito cerâmico..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 41 – Viscosidade plástica em função da concentração de rejeito cerâmico, nas temperaturas de 27°C e 52°C..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 42 – Limite de escoamento em função da concentração de rejeito cerâmico, nas temperaturas de 27°C e 52°C..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 43 – Gel Inicial em função da concentração de rejeito cerâmico, nas temperaturas de 27°C e 52°C. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 44 – Gel Final em função da concentração de rejeito cerâmico, nas temperaturas de 27°C e 52°C. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 45 – Resistência à compressão em função da concentração de rejeito cerâmico, na temperatura de 60°C, com 24 h, 48 h e 7 dias de cura. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 46 – Volume de filtrado em função da concentração de rejeito cerâmico, nas temperaturas ambiente (26,7°C) e aquecida (52°C). . . **Erro! Indicador não definido.**

Figura 47 – Tempo em função da consistência das pastas geopolimérica com adição de rejeito de porcelanato..... **Erro! Indicador não definido.**

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química do resíduo de porcelanato encontrada nos estudos de Pureza (2004), Souza (2007) e Kummer *et ea* (2007). **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2 – Materiais utilizados no sistema geopolimérico e as respectivas procedências..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 3 – Composição química do Hidróxido de potássio **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 4 - Composição química e densidade do metacaulim **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 5 – Composição química do silicato de potássio **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 6 – Composição química do resíduo de porcelanato **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 7 – Propriedades físicas do resíduo cerâmico.. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 8 – Quantidade de material utilizada em cada formulação, em grama (g).  
..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 9 – Perda de massa das pastas geopoliméricas **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 10 - Dados dos parâmetros reológicos das pastas geopoliméricas com rejeito cerâmico, nos ensaios realizados a 27°C e 52°C. ... .. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 11 – Resistência à compressão em função da concentração de rejeito cerâmico, na temperatura de 60°C..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 12 – Controle de Filtrado na temperatura ambiente e aquecida..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 13 – Dados de consistometria da pasta geopolimérica com adição de rejeito cerâmico, à temperatura de 52°C e 5.000 psi. .... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 14 - Valores de densidade das pastas aditivadas com rejeito cerâmico. . **Erro! Indicador não definido.**



## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	13
1.1. Objetivos .....	15
2 – Cimentação de Poços de Petróleo .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.1 – Cimentação Primária .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2 – Cimentação Secundária .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3 – GEOPOLÍMERO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.1 – Mecanismo de geopolimerização .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.2 – Matérias primas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3 – Aplicação dos geopolímeros .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4 – PORCELANATO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.1 Processo de polimento do porcelanato .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.2 – Resíduo de porcelanato .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5 – METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1 – Materiais Utilizados .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.1 Caracterização Físico-química dos materiais.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.1.1 – Fluorescência de raios X.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.1.2 – Difração de raios X.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.1.3 – Massa Específica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.1.4 – Análise Granulométrica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.1.5 – Área Específica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.2 – Síntese do geopolímero .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.3 – Ensaio Tecnológicos API.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.3.1 – Mistura das Pastas.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.3.2 – Homogeneização das Pastas.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.4.1 – Reologia das pastas formuladas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.4.2 – Ensaio de consistometria .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.4.3 – Ensaio de Resistência à Compressão (API).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.4.4 – Ensaio de Determinação do Peso Específico... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
5.4.5 – Ensaio de Determinação de Filtrado .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.4.6 – Determinação de Água Livre .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

5.5 – Caracterização das pastas Formuladas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.5.1 - Análise Térmica: TG/DTA .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.5.2 – Espectroscopia na região do Infravermelho-FTIR	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.5.3–Difração de raios X.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.5.4 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1 Caracterizações química, física e microestrutural dos precursores das pastas geopoliméricas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1.1 Composição química e densidade do metacaulim	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1.2 Composição química e densidade do silicato de potássio	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1.3 Composição química e densidade e área superficial do resíduo de porcelanato .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1.4 - Difração de raios X do metacaulim .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1.5 Difração de raios X do resíduo de Porcelanato...	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1.6 - Determinação do tamanho médio de partículas do resíduo de porcelanato por Granulometria a Laser.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2 Caracterização Microestrutural e Morfológica das Pastas Geopoliméricas...	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2.1 - Ensaio de Difração de raios X para acompanhamento das fases formadas. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2.2 - Estudo da morfologia das pastas formadas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2.3 - Análise termogravimétrica (TG/DTA) .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2.4 - Espectros no Infravermelho .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3 Ensaio Tecnológico e Avaliação dos Sistemas de Pastas preparados com Resíduo de Porcelanato.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.1 Reologia .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.2 - Comportamento mecânico .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.3 - Controle de Filtrado.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.4 - Tempo de espessamento.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.5 - Água livre .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.6 - Peso específico.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

7. CONCLUSÕES .....**Erro! Indicador não definido.**  
REFERÊNCIAS .....**Erro! Indicador não definido.**



# Capítulo 1

## 1 – INTRODUÇÃO

Cimentação é uma operação na qual uma pasta de cimento é forçada a descer através de um revestimento atingindo a outra extremidade deste, preenchendo o espaço entre o revestimento e as paredes do poço a uma altura pré-determinada acima do fundo do poço.

O principal objetivo do cimento Portland na área de construção de poços de petróleo é proporcionar isolamento eficaz das zonas para garantir a vida produtiva dos poços de forma segura e econômica. Para atingir este objetivo, devem ser feitos esforços no planejamento do processo de cimentação e da concepção do material de cimento que atenda às exigências em curto, médio e longo prazo. As exigências de curto prazo dizem respeito aos aspectos da concepção do reboco e caracterização do comportamento dos mesmos quando colocados na área de interesse e durante o processo de cura (envolvendo as fases líquido-sólido). Dentro destas áreas são destacadas propriedades como a densidade, a sedimentação, a mistura, compatibilidade, a água livre, o tempo da bombeabilidade, perda de fluido, o desenvolvimento da força e técnicas de posicionamento no espaço anular, entre outros. As exigências de longo prazo dizem respeito a questões como: comportamento do cimento Portland sob condições de pressão e temperatura, resistência química e resistência ao estresse causado pelas operações de construção, reparação, realização, estimulação, entre outros (CICCOLA *et al*, 2006). A partir dessas necessidades, várias pesquisas têm sido executadas para se desenvolver pastas com as características descritas anteriormente (NELSON, 1990).

Cimentos alcalinos estão atraindo o interesse crescente pelo seu potencial para permitir que indústrias operem dentro das limitações colocadas sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, e suprimindo as falhas existentes em construções com a utilização de cimento Portland. Embora desenvolvido pela primeira vez em 1957, tais cimentos são ainda relativamente pouco conhecidos. Eles apresentam um

excelente desempenho em diversas áreas: resistência mecânica precoce, resistência ao fogo e resistência à ácidos e assim por diante. (KOVALCHUK, 2007).

Geopolímeros resultam da condensação polimérica de aluminossilicatos e silicatos alcalinos originando estruturas poliméricas tridimensionais. São produzidos de uma maneira distinta daquela do cimento Portland (MARINHO, 2004).

Grande parte dos trabalhos descritos na literatura tem-se baseado no estudo de metacaulim de ativação (DAVIDOVITS, 1991; DUXSON et al, 2007) e, mais recentemente, sobre a ativação de cinza [FERNANDES-JIMENEZ & PALOMO, 2003; PALOMO et al, 1999]. Essencialmente metacaulim é um aluminossilicato anidro produzido pela decomposição térmica do caulim, uma ocorrência natural contendo basicamente  $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$  de caulinita e pequenas quantidades de sílica e outros minerais. Na caulinita, os íons hidroxila são fortemente ligados à estrutura do alumínio e só pode ser eliminado em 550°C. As temperaturas maiores durante o processo de desidroxilação promovem considerável rearranjo atômico [FERNANDES-JIMENEZ et al, 2008]. O resultado é uma estrutura ordenada em parte que não é possível hidratar, na presença de água (ou faz isso muito lentamente). Devido à sua natureza desordenada a longo alcance, tem uma solução reativa com enorme potencial na presença de um alcalóide / alcalino-terrosos.

Materiais residuais como cinzas volantes, escória de forno e resíduos de minerais contêm quantidades suficientes de alumina e sílica reativas que podem ser usados como materiais de partida para reações de geopolimerização. Alguns trabalhos têm mostrado sínteses usando cinzas volantes, escória de forno, pozolonas, minerais contendo  $Al^{3+}$  e  $Si^{4+}$  e argilas (caulim e metacaulim). Deve-se considerar, entretanto, que dependendo do tipo e da natureza do material de partida usado, as propriedades físicas e químicas do geopolímero formado serão diretamente afetadas [VAN JAARSVELD et al, 2002].

Dentre os trabalhos estudados, alguns permitem concluir que o resíduo gerado pelo polimento do porcelanato apresenta granulometria muito fina e é rico em sílica, além de apresentar alumínio e cálcio na sua composição. Este resíduo apresenta uma composição química composta, o que limita muito sua utilização pela indústria, fazendo, então, com que o material seja empregado para fins secundários, como para o aterramento de cavas (SOUZA, 2007).

Hoje, há uma busca incansável por materiais alternativos que melhorem o desempenho das pastas geopoliméricas para cimentação de poços de petróleo. Estas pastas com adição de resíduo cerâmico têm o desafio de melhorar as propriedades mecânicas, o tempo de pega e o filtrado durante o processo de cimentação de poços de petróleo e depois da pasta endurecida.

### **1.1. Objetivos**

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho é estudar a adição de um resíduo cerâmico, proveniente do polimento do porcelanato, em pastas geopoliméricas, visando melhorar suas propriedades para viabilizar seu uso em operações de cimentação de poços de petróleo. Serão estudadas as propriedades mecânicas de resistência à compressão, reológicas, perda de fluido e espessamento. Por fim, realizar o estudo das caracterizações térmicas, estruturais e morfológicas das pastas estudadas.