

# **FLUÊNCIA EM CONCRETO GEOPOLIMÉRICO**

Joanna Ribeiro Lima de Alcantara Machado – julianacorrealeite@gmail.com

João Pedro Boldrim Fernandes da Silva – joao\_boldrim109@hotmail.com

Juliana Rodrigues Correa Leite – joannaalcantaram@gmail.com

Murilo Kisse Melo – murilokisse@outlook.com

Natália Zanardo Riechelmann – natalliazanardo@outlook.com

Prof. Dr. Alfonso Pappalardo Junior (Orientador) – alfonso@mackenzie.br

## **RESUMO**

O concreto é o material construtivo mais consumido do mundo e a todo momento novas tecnologias e materiais são desenvolvidos a fim de aprimorar o seu uso. O concreto geopolimérico possui diversas vantagens quando comparado ao concreto de cimento Portland utilizado convencionalmente. Diante disso, foram elaborados ensaios a fim de avaliar o comportamento deste concreto quanto a sua Resistência a Compressão Axial, Módulo de Elasticidade, Coeficiente de Poisson e Fluência. Para isso foram moldados oito corpos de prova utilizando o microconcreto GP-1933 do fabricante Geo-Pol de traço precursor/ativador 5:1 utilizando como solução alcalina ativadora silicato de potássio. Dois corpos de prova para a avaliação da resistência à compressão axial de cada uma das idades de carregamento obtendo para 7 dias, para 14 dias e para 28 dias. Um corpo de prova foi utilizado para determinação do módulo de elasticidade estático aos 28 dias, obtendo-se dois valores, sendo um valor para cada extensômetro instalado longitudinalmente, e quatro valores de coeficiente de Poisson, considerando todas as combinações possíveis entre os valores obtidos pelos extensômetros instalados nos sentidos axial e transversal e um corpo de prova utilizado para a determinação da curva e cálculo da fluência.

Palavras-chave: Fluência. Concreto Geopolimérico. Módulo de Elasticidade. Coeficiente de Poisson. Resistência à Compressão.

## **CREEP DEFORMATION IN GEOPOLYMER CONCRETE**

### **ABSTRACT**

Concrete is the most consumed construction material in the world and new technologies and materials have often been developed for the improvement of its use. Geopolymer concrete has shown several advantages when compared to the Portland cement concrete conventionally used. Therefore, tests

were conducted in order to evaluate the behavior of this concrete in terms of Axial Compressive Strength, Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio and Creep, when molding eight specimens with Geo-Pol micro concrete GP-1933 manufactured by Geo-Pol with a 5:1 proportion of precursor/activator using a potassium silicate alkali-activator solution. Two specimens were used to evaluate axial compressive strength at the loading ages of 7 days, 14 days and 28 days. One test specimen was used to determine the static modulus of elasticity at the age 28 days, resulting in a value for each one of the two extensometers installed longitudinally. Four Poisson's ratio values were obtained considering all possible value combinations given by the strain gauges installed in the axial and transverse directions. At last, one test specimen was used to calculate the creep deformation and generate its curve.

**Keywords:** Creep, Geopolymer Concrete, Modulus of Elasticity, Poisson's Ratio, Compressive Strength, Alkali-Activated, Green Concrete.

## **1 INTRODUÇÃO**

O concreto possui papel fundamental na construção civil brasileira e apresenta-se como o material construtivo mais consumido em todo o mundo. Devido ao importante papel desempenhado no setor, tornou-se objeto de estudo e constantes melhorias ao longo das últimas décadas. Desde a sua composição, traço e materiais utilizados até o aprimoramento das diferentes técnicas de aplicação.

A relevância e interesse em torno deste material podem ser explicados por sua versatilidade, além do alcance de níveis significativos de resistência, durabilidade e plasticidade. Estas vantagens, somadas a sua grande disponibilidade, são capazes de colocá-lo, na maioria dos casos, como a solução mais viável e vantajosa.

O grande crescimento econômico e populacional ocorrido nos últimos anos proporcionou um aumento significativo dos níveis de poluição e degradação ambiental, e com isso uma crescente busca por matérias-primas para atender as necessidades da população. Diante deste cenário, tem se tornado cada vez mais importante a conscientização e adequação de diversos setores a medidas mais sustentáveis sendo que na construção civil existem amplas oportunidades de aplicação dessa realidade sustentável, que vão desde a construção de edificações sustentáveis até a adoção de medidas mitigatórias nos processos executivos e materiais utilizados.

Pesquisas voltadas para o desenvolvimento e incentivo ao uso de "concretos sustentáveis" passaram a ganhar espaço, visando reduzir os impactos ambientais e os efeitos do processo de produção do cimento. Nesse contexto, o concreto geopolimérico apresentou-se como uma possível

alternativa aos concretos de cimento Portland, uma vez que possibilita a redução do consumo energético e das emissões de gás carbônico.

O concreto geolipomérico pode ser considerado um “concreto sustentável” por ser composto por materiais naturais que garantem uma emissão consideravelmente menor de CO<sub>2</sub> em sua produção, entretanto, apesar das vantagens e da ampla disponibilidade de matérias primas para a produção deste concreto, ainda carece algumas pesquisas para justificar completamente seu uso, e meios de tornar sua produção mais barata, que por se tratar de uma solução menos econômica, acaba não sendo devidamente explorado.

Neste trabalho, será realizada a análise da deformação lenta no concreto geopolimérico, ao submetê-lo à ação de cargas permanentes, com o objetivo de conhecê-lo mais a fundo, comparando mais esta característica com estudos semelhantes realizados com o concreto de cimento Portland e assim embasar sua utilização na construção civil.

O estudo desse trabalho explora a viabilidade da utilização do concreto geopolimérico como alternativa ao concreto convencional, utilizado atualmente na construção civil. Para tanto, será realizada a análise de comportamento à fluência ao ser submetido a uma carga permanente, o Módulo de Elasticidade e a Resistência à Compressão do concreto geopolimérico.

Para medir as deformações axiais e diametraes foram utilizados extensômetros elétricos acoplados nos corpos de prova para registrar tais deformações diante do carregamento da peça.

Figura 1: Corpo de prova em cimento Portland e o geopolimérico.



Fonte: Acervo Próprio

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios previstos de Resistência à Compressão, Módulo de Elasticidade, Coeficiente de Poisson e Fluência, foram moldados oito corpos de prova a serem utilizados aos 7, 14 e 28 dias, seguindo os procedimentos e exigências da norma NBR 5738 (ABNT, 2016), conforme distribuição a seguir:

Tabela 1: Relação dos corpos de prova

Corpos de Prova	Ensaio
1	Ensaio da Fluência
2	Resistência à Compressão aos 7 dias
3	Resistência à Compressão aos 7 dias
4	Resistência à Compressão aos 14 dias
5	Resistência à Compressão aos 14 dias
6	Resistência à Compressão aos 28 dias
7	Resistência à Compressão aos 28 dias
8	Módulo de Elasticidade Coeficiente de Poisson

Para este estudo, utilizou-se o Microconcreto GP-1933Eu . A mistura é constituída por cimento metacaulim, areia, pedrisco e solução alcalina ativadora de silicato de potássio. A proporção precursor/ativador (ou traço) conforme orientação do fabricante é de 5:1. Os microconcretos GP-E da Geo-Pol geralmente possuem fibras sintéticas de vidro em sua composição, que não serão usadas nessa análise.

Após ser submetido a um carregamento, o corpo de prova apresenta deformações axiais e transversais. Para medir estas variações, foram acoplados 4 extensômetros no corpo de prova para obter as variações de resistência axial e transversal. Os quatros resistores posicionados no extensômetro formam a Ponte de Wheatstone. A fonte de alimentação da rede elétrica ( $U_E$ ) é de 5V e a tensão elétrica de saída ( $U_A$ ) dos resistores é lida pelo sistema de aquisição de dados.



Figura 2: Corpo de prova rompido aos 7 dias Fonte: Acervo pessoal



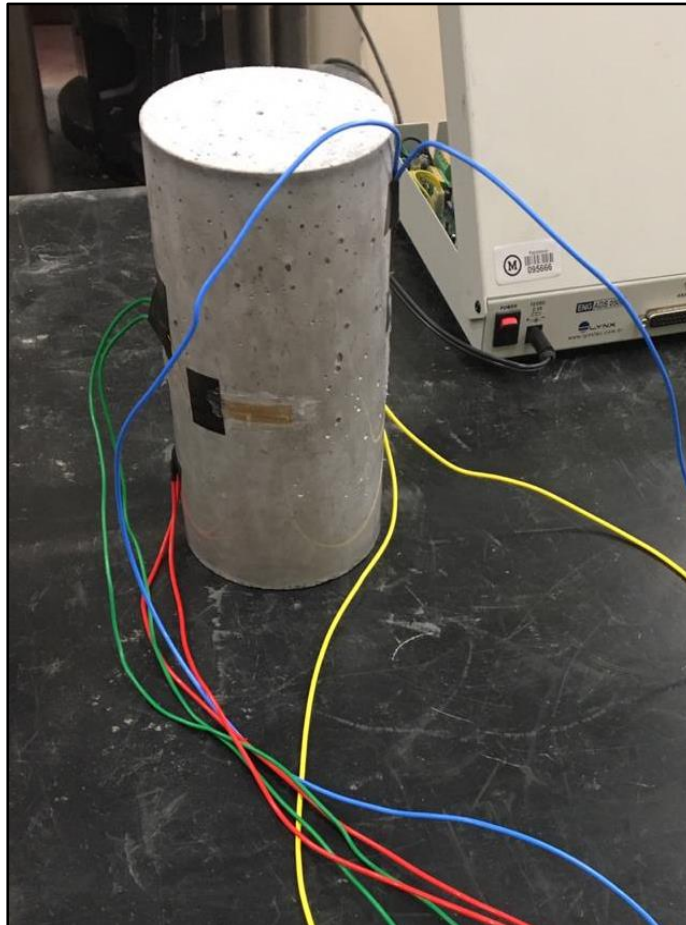
Fonte: Acervo Próprio

A resistência dos corpos de prova de concreto geopolimérico foi testada em três instantes: aos 7, 14 e 28 dias. O carregamento ocorreu de acordo com o especificado pela NBR ABNT 7215 (ABNT, 2019). Os corpos de prova foram submetidos ao aumento de carga na máquina até a ruptura.

A obtenção do Módulo de Elasticidade foi realizada através da Metodologia de ensaio do tipo A, segundo a NBR 8522 (ABNT, 2017), que se refere à Tensão Fixa. O ensaio consiste na repetição do ciclo de carregamento do corpo de prova, durante 60 segundos com força correspondente à tensão limite superior referente a 30% da tensão de ruptura ( $f_c$ ), obtida no ensaio de resistência à compressão. Depois disso, o corpo de prova é descarregado até a primeira marcação da divisão da escala (ou próxima de zero) sem que o prato superior da máquina perca o contato com o corpo de prova. Na próxima etapa do ensaio, o corpo de prova é submetido a uma tensão de 0,5 MPa durante 60 segundos. Esses ciclos de carregamento e descarregamento se repetem e com as deformações obtidas, calcula-se o módulo de elasticidade do corpo de prova.

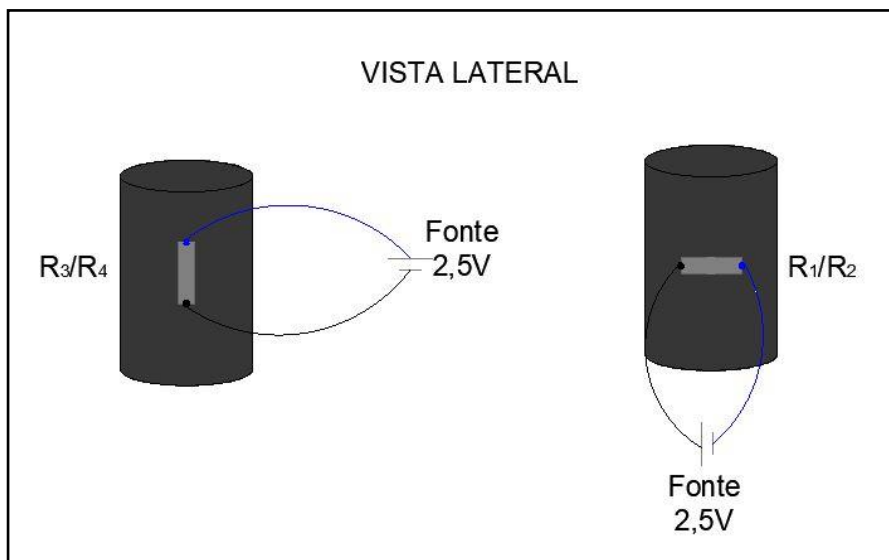
Ao carregar um corpo de prova, as medidas axiais e transversais sofrem deformações. Uma vez comprimido, as medidas axiais do corpo de prova diminuem e as transversais aumentam. Quando tracionado, o processo é inverso. O Coeficiente de Poisson ( $\mu$ ) refere-se à relação entre as deformações transversais e axiais. A coleta de tais deformações foi realizada durante o Ensaio de Módulo de Elasticidade, onde foram acoplados extensômetros no corpo de prova no sentido axial e transversal para a obtenção das deformações a fim de calcular o Coeficiente de Poisson do concreto geopolimérico experimentalmente.

Figura 3: Corpo de prova com os extensômetros nas direções axiais e transversais acoplados



Fonte: Acervo pessoal

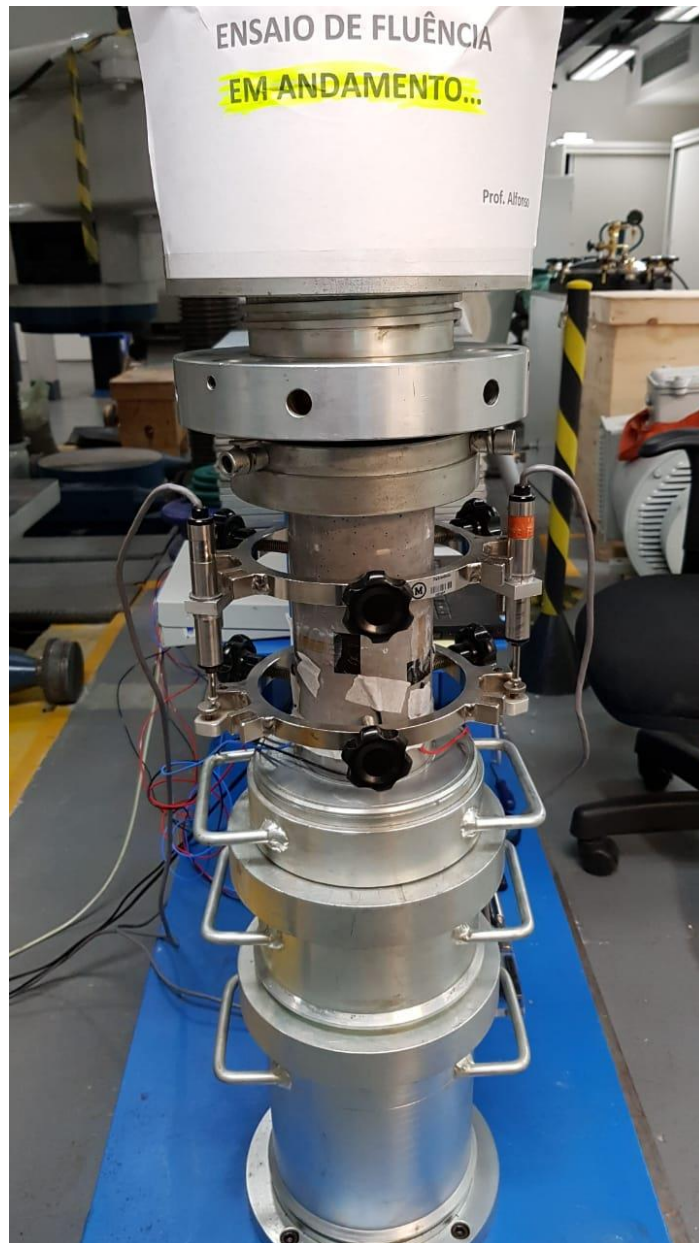
Figura 4: Vista lateral dos extensômetros acoplados no corpo de prova formando  $\frac{1}{4}$  de Ponte de Wheatstone



Fonte: Autor

Uma carga permanente de 40% de  $f_c$  será aplicada ao corpo de prova até que seja ultrapassada a deformação elástica e se inicie a fluência, ou deformação lenta. A carga a ser utilizada no ensaio de fluência é definida através da carga de ruptura dos corpos de prova nas idades pré-definidas de 7 dias de acordo com NBR.

Figura 5: Ensaio de Fluência



Fonte: Autor



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para medir as deformações dos corpos de prova, foi necessário analisar as leituras geradas pelos extensômetros, através do sistema LYNX ADS0500. O extensômetro utilizado possui Fator de Gauge ( $k$ ) de 2,15. A partir disso, deformações foram obtidas a partir do sistema de aquisição de dados que fornece a deformação  $\Delta R/R_0$ , ao inserir essa deformação na equação:

$$\varepsilon = \frac{\Delta R/R_0}{k}$$

Dessa forma, as deformações de cada um dos ensaios são calculadas ao adequar cada equação ao procedimento utilizado, dependendo da utilização de uma Ponte de Wheatstone inteira, meia ou de um quarto de ponte.

No Ensaio de Resistência à Compressão, a carga máxima alcançada ( $F$ ) foi registrada pela máquina em quilograma-força (kgf) e posteriormente expressa em newtons (N) pela relação  $10 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$ . Uma vez conhecido o diâmetro da área da base do corpo de prova, a resistência à compressão, ou tensão de ruptura, é dada pela relação:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2}$$

Sendo:

$f_c$ : resistência à compressão (MPa)

$F$ : força máxima alcançada (N)

$D$ : diâmetro do corpo de prova (mm)

Os ensaios para obtenção do Módulo de Elasticidade e Coeficiente de Poisson, no corpo de prova nº 8, foram realizados através da Metodologia A, atendendo ao exposto na NBR 8522 (ABNT, 2017). Utilizaram-se para tal finalidade os corpos de prova de nº 7 e 8, ambos aos 28 dias. Inicialmente foi realizado o ensaio de Resistência à Compressão no Corpo de Prova nº 7 para definição da tensão máxima a ser aplicada no ensaio do Módulo de Elasticidade. Uma vez realizado o ensaio, conforme NBR 7215 (ABNT, 2019), obteve-se a carga de ruptura no valor de 54.988,4 kgf. Para o carregamento

correspondente à tensão do limite superior, portanto, foi utilizada a carga de 16.500 kgf. Ao descarregar o corpo de prova, manteve-se a carga em 400 kgf, equivalente à tensão de 0,5 MPa.

Na realização do Ensaio do Módulo de Elasticidade no Corpo de Prova nº 8 foram utilizados os dados a seguir:

Tabela 2: Dados do ensaio

Diâmetro (mm)	100,80
Área (mm <sup>2</sup> )	7.980,15
Carga de ruptura - fc (N)	549.884,0
30% de fc (N)	165.000,0
Tensão Inicial (MPa)	0,50
Tensão Final (MPa)	20,68
Variação da Tensão (MPa)	20,18

Fonte: Autor

Enquanto as leituras realizadas nos extensômetros dos canais 1 e 2 referem-se às deformações axiais, os canais 3 e 4 registram as deformações transversais no corpo de prova. Consideram-se, portanto dois extensômetros para leitura de cada tipo de deformação (axial e transversal), tornando possível a combinação desses canais para obtenção de quatro valores para o módulo de elasticidade através da fórmula:

$$\mu = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_A}$$

Sendo:

$\mu$ : Coeficiente de Poisson

$\varepsilon_T$  : Deformação Transversal

$\varepsilon_A$ : Deformação Axial

O Ensaio da Fluência foi executado no corpo de prova nº1 aos 7 dias de idade seguindo as especificações da NBR 8224 (ABNT, 2012). As variações de tensão sofridas pelo corpo de prova foram registradas pelos extensômetro e posteriormente calculados como deformações. Uma vez obtidas as deformações do corpo de prova, a fluência ( $\varepsilon_{cc}$ ) é calculada pela seguinte expressão:

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_t - \varepsilon_i - \varepsilon_s$$

Sendo:

$\varepsilon_{cc}$ : deformação por fluência

$\epsilon_t$ : deformação total, calculada em função da leitura de referência, nos corpos de prova carregados, na idade considerada

$\epsilon_i$ : deformação instantânea (elástica)

$\epsilon_{cc}$ : deformação média dos corpos de prova não submetidos a carregamentos, em  $10^{-6}$  cm/cm

Os cálculos das deformações iniciais e lentas estão descritos na tabela a seguir:

Tabela 3: Planilha de cálculo da fluência

Idade Inicial:		7 dias			
Tensão Aplicada:		40% fck			
Dimensões do CP:		10 cm x 20 cm			
1	2	3	4	5	6
Data	Idade	Hora	Deformação Total ( $\epsilon_t$ )	Deformação Inicial ( $\epsilon_i$ )	Deformação Lenta ( $\epsilon_{cc}$ )

Fonte: Autor

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram utilizados seis corpos de prova para a realização dos Ensaios de Resistência à Compressão, sendo dois deles destinados para cada idade. Os resultados obtidos estão descritos na tabela abaixo, bem como os dados necessários para o cálculo da resistência à compressão.

Tabela 4: Dados necessários para o cálculo da resistência à compressão

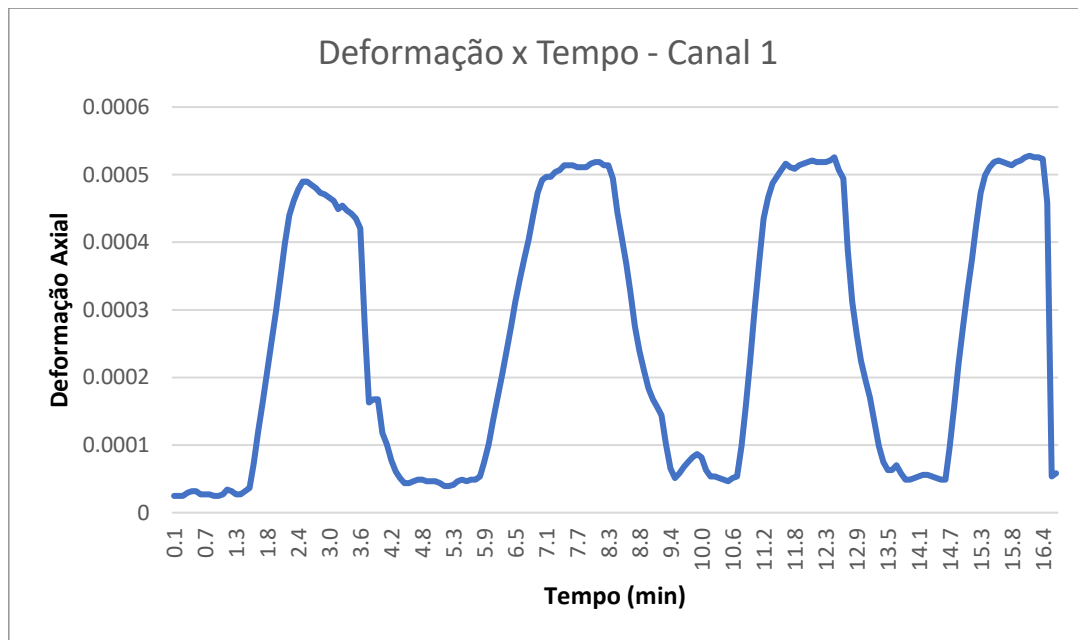
Corpo de Prova	Idade (dias)	Diâmetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (N)	Resistência à Compressão (MPa)
2	7	99,8	7.822,6	560.000	71,59
3	7	99,6	7.791,3	552.000	70,85
4	14	100,00	7.854,0	426.000	54,24
5	14	100,00	7.854,0	562.715	71,65
6	28	99,5	7.775,6	541.760	69,67
7	28	99,5	7.775,6	549.880	70,72

Pode-se observar que o concreto geopolimérico apresenta alta resistência inicial, superando 70 MPa aos 7 dias de idade. O corpo de prova n°4, no entanto, apresentou uma variação da resistência

à compressão média superior ao estabelecido pela NBR 7215 (ABNT, 2019) sendo seu valor, portanto, desconsiderado para análise dos resultados.

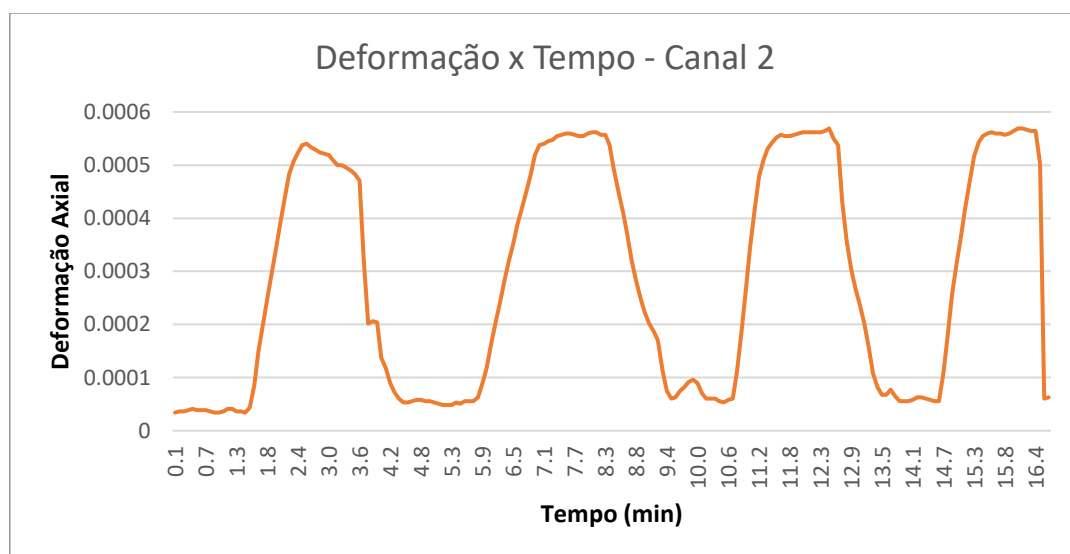
Uma vez que a carga de ruptura do corpo de prova n°7 atingiu o valor de 54.988 kgf, determina-se a carga a ser aplicada no Ensaio do Módulo de Elasticidade que equivale a 30% deste valor, resultando em 16.500 kgf. A partir da utilização de dois extensômetros para as leituras das deformações axiais, foram gerados os gráficos a seguir:

Figura 1: Gráfico da deformação axial medida pelo canal 1



Fonte: Autor

Figura 2: Gráfico da deformação axial medida pelo canal 2



Fonte: Autor

Os picos nas curvas do gráfico geradas indicam os ciclos de carregamento e descarregamento do Ensaio de Módulo de Elasticidade de acordo com a NBR 8522 (ABNT, 2017) que variam de 0,5 MPa a 400 MPa. Do último ciclo de carregamento, foram extraídos os valores máximos e mínimos de deformação axial para obtenção da variação máxima. A partir das variações de tensão e deformação foi possível calcular o módulo de elasticidade pela equação:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Onde  $\Delta\sigma$  representa a variação da tensão de carregamento aplicada nos ciclos de carregamento e descarregamento totalizando 20,18 MPa e  $\Delta\varepsilon$  as variações das deformações registradas pelo extensômetro, como indicado nas tabelas a seguir:

Tabela 5: Deformação axial medida pelos canais 1 e 2

Deformação Axial			
Canal	Deformação Máxima $\varepsilon_{\max}$	Deformação Mínima $\varepsilon_{\min}$	Varição da Deformação $\Delta\varepsilon$
1	5,11E-04	4,87E-05	4,63E-04
2	5,62E-04	5,58E-05	5,06E-04

Fonte: Autor

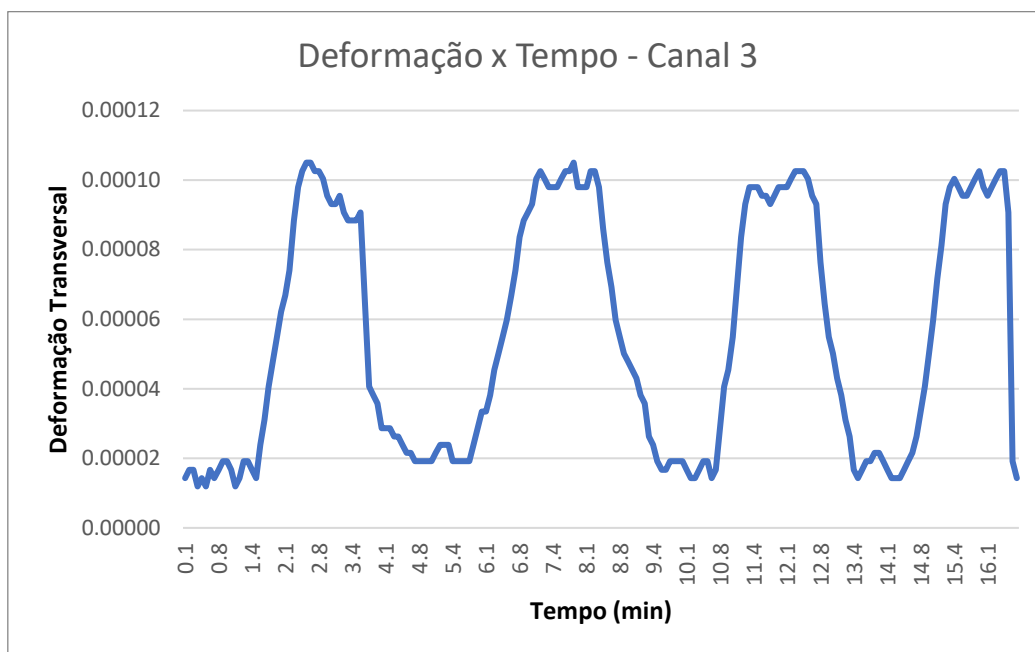
Tabela 6: Cálculo do módulo de elasticidade dos canais 1 e 2

Canal	Varição da Tensão $\Delta\sigma$	Varição da Deformação $\Delta\varepsilon$	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	20,18	4,63E-04	43,62
2		5,06E-04	39,87

Fonte: Autor

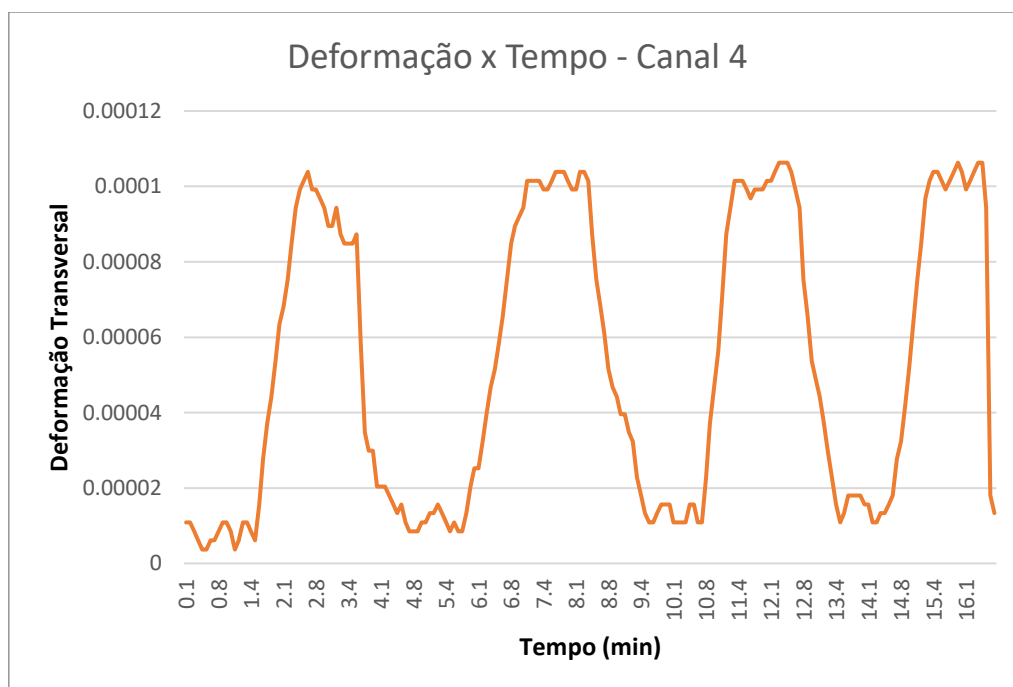
Além das deformações axiais utilizadas anteriormente, para a obtenção do Coeficiente de Poisson são necessárias as deformações transversais decorrentes do carregamento realizado durante o Ensaio de Módulo de Elasticidade. Estas deformações foram registradas por dois extensômetros posicionados horizontalmente nos corpos de prova e geraram os gráficos a seguir:

Figura 3: Gráfico da deformação transversal medida pelo canal 3



Fonte: Autor

Figura 4: Gráfico da deformação transversal medida pelo canal 4



Fonte: Autor

O Coeficiente de Poisson expressa a relação entre as deformações transversais e as deformações axiais. Uma vez determinadas as deformações axiais durante o cálculo do módulo de elasticidade, ao calcular as deformações transversais são obtidas por:

$$\mu = \frac{\varepsilon \text{ transversal}}{\varepsilon \text{ axial}}$$

Tabela 7: Deformação transversal medida pelos canais 3 e 4

Deformação Transversal			
Canal	Deformação Máxima	Deformação Mínima	Varição da Deformação
3	1,00E-04	1,43E-05	8,60E-05
4	1,04E-04	1,09E-05	9,30E-05

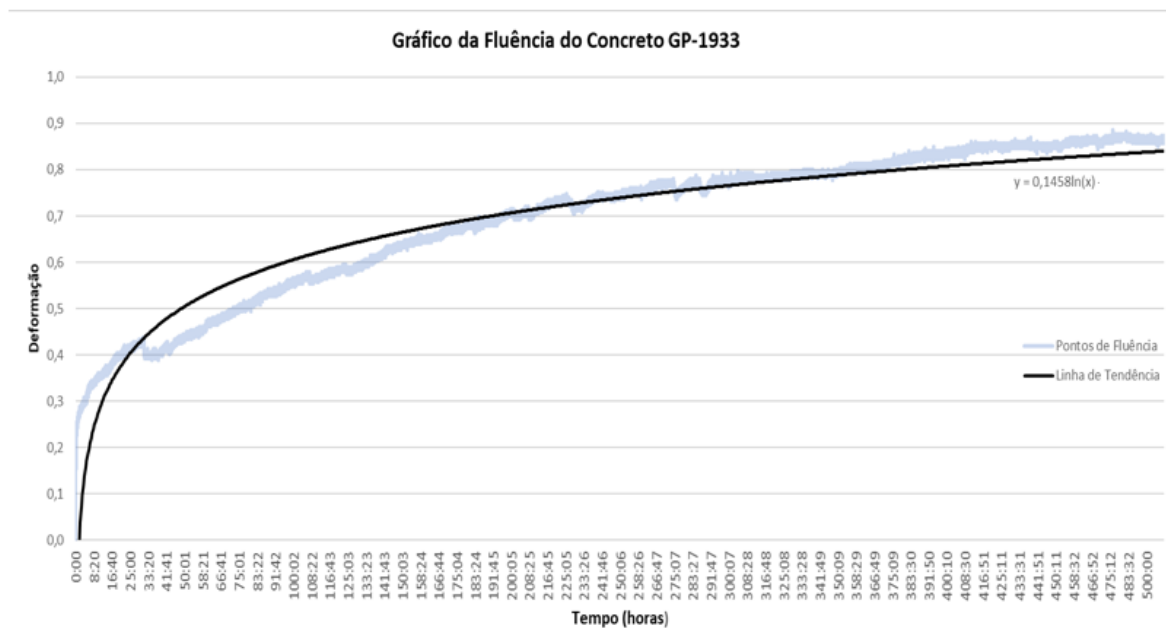
Dois canais registraram as deformações axiais e dois canais registraram as deformações transversais, resultando em quatro combinações diferentes do cálculo do Coeficiente de Poisson. O valor adotado foi de 0,18, obtido através da média dos quatro valores calculados conforme a tabela:

Tabela 8: Coeficiente de Poisson calculado através combinações dos 4 canais

Coeficiente de Poisson ( $\mu$ )			
Canais 1 e 3	Canais 1 e 4	Canais 2 e 3	Canais 2 e 4
0,19	0,20	0,17	0,18

Ao coletar as deformações medidas pelos extensômetros, foi possível obter inicialmente a deformação instantânea, seguida da deformação lenta medida ao longo das 500 horas de duração do ensaio. As deformações foram registradas pelo extensômetro a cada segundo e aplicou-se um filtro para obter uma leitura a cada 30 segundos e assim gerar a curva de fluência.

Figura 5: Curva da fluência



Fonte: Acervo autor

Observa-se que a curva possui um formato logarítmico tendendo a uma assíntota, sendo assim colocado sobreposto a uma linha de tendência logarítmica a fim de analisar o comportamento da função. As deformações sofridas pelo corpo de prova durante o Ensaio de Fluência foram calculadas nos instantes indicados pela NBR 8224 (ABNT, 2012):

- 30 segundos após o carregamento
- 1, 2, 3, 5, 10, 15 e 30 minutos após o carregamento
- 1, 2 e 5 horas após o carregamento
- Diariamente durante uma semana
- Duas vezes por semana, até completar o primeiro mês
- Semanalmente até completar o ensaio (em torno de 500 horas)

A partir da curva da fluência e da tabela de cálculos das deformações, conclui-se que o gráfico possui comportamento logarítmico já que acompanha a linha de tendência a uma assíntota no eixo x, ou seja, a fluência aumenta ao longo do tempo até que tende a um valor constante após um determinado período. Os cálculos da deformação lenta confirmam tal comportamento, visto que a fluência calculada a cada instante se aproxima de uma estabilização de valor. Os cálculos das deformações apresentam uma variação da fluência  $\epsilon$ cc cada vez menor ao longo do tempo,



Tabela 9: Cálculo da deformação lenta

Idade Inicial:		7 dias			
Tensão Aplicada:		40% fck			
Dimensões do CP:		10 cm x 20 cm			
1	2	3	4	5	6
Data	Idade	Hora	Deformação Total ( $\epsilon_t$ )	Deformação Inicial ( $\epsilon_i$ )	Deformação Lenta ( $\epsilon_{cc}$ )
25/04/2019	7 dias	00:43	0,01273	0,01273	0,00000
25/04/2019	7 dias	00:44	0,09356	0,09356	0,00000
25/04/2019	7 dias	00:45	0,19460	0,19460	0,00000
25/04/2019	7 dias	00:46	0,16622	0,16622	0,00000
25/04/2019	7 dias	00:48	0,19460	0,19460	0,00000
25/04/2019	7 dias	00:53	0,20663	0,20663	0,00000
25/04/2019	7 dias	00:58	0,22684	0,22684	0,00000
25/04/2019	7 dias	01:13	0,24296	0,22684	0,01612
25/04/2019	7 dias	01:43	0,26317	0,22684	0,03633
25/04/2019	7 dias	02:43	0,27953	0,22684	0,05269
25/04/2019	7 dias	05:43	0,30768	0,22684	0,08083
26/04/2019	8 dias	00:43	0,41690	0,22684	0,19006
27/04/2019	9 dias	00:43	0,42893	0,22684	0,20209
28/04/2019	10 dias	00:43	0,48955	0,22684	0,26271
29/04/2019	11 dias	00:43	0,55018	0,22684	0,32334
30/04/2019	12 dias	00:43	0,57857	0,22684	0,35173
01/05/2019	13 dias	00:43	0,62308	0,22684	0,39624
02/05/2019	14 dias	00:43	0,65531	0,22684	0,42847
03/05/2019	15 dias	00:43	0,68779	0,22684	0,46095
04/05/2019	16 dias	00:43	0,73206	0,22684	0,50522
05/05/2019	17 dias	00:43	0,73615	0,22684	0,50931
06/05/2019	18 dias	00:43	0,76454	0,22684	0,53770
07/05/2019	19 dias	00:43	0,74842	0,22684	0,52158
08/05/2019	20 dias	00:43	0,78066	0,22684	0,55382
09/05/2019	21 dias	00:43	0,78884	0,22684	0,56200
10/05/2019	22 dias	00:43	0,80087	0,22684	0,57402
11/05/2019	23 dias	00:43	0,83334	0,22684	0,60650
12/05/2019	24 dias	00:43	0,83334	0,22684	0,60650
13/05/2019	25 dias	00:43	0,85740	0,22684	0,63056
14/05/2019	26 dias	00:43	0,85740	0,22684	0,63056
15/05/2019	27 dias	00:43	0,86558	0,22684	0,63874
16/05/2019	28 dias	00:43	0,86967	0,22684	0,64283

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nos ensaios realizados, foi possível aferir a alta resistência inicial apresentada pelo concreto geopolimérico. Registraram-se altos valores de carga suportada aos sete dias de idade sendo, portanto, indicado para obras que necessitam de rápida liberação para uso.

Os valores obtidos para o módulo de elasticidade estático e para o coeficiente de Poisson se mostraram semelhantes ao encontrado na literatura para os valores conhecidos do concreto de cimento Portland. Quanto ao estudo de fluência realizado, foi possível obter uma curva satisfatória, que mostra uma tendência a um valor assintótico da curva logarítmica.

Diante deste trabalho, conclui-se, portanto, que o concreto geopolimérico apresenta propriedades mecânicas compatíveis, que viabilizam tecnicamente sua aplicação para fins estruturais e não estruturais, se mostrando vantajoso por seus diferenciais apontados nas aplicações descritas no escopo deste trabalho. Como a maior dificuldade para a difusão deste material no mercado é a viabilização econômica, recomenda-se como objeto de pesquisa para trabalhos futuros, estudos sobre esta viabilização e sobre formas de diminuir os custos de seu processo produtivo como forma de reduzir assim seu custo final.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2016.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.** 2 ed. Rio de Janeiro, 201. 9 p.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8224: Concreto endurecido — Determinação da fluência — Método de ensaio.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2012.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522 – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão.** 3 ed. Rio de Janeiro, 2017.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2019.

## AGRADECIMENTOS

À Geopol, que acreditou em nosso trabalho e forneceu o material para que tudo isso fosse possível.