

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL –
MESTRADO

Ramon Gamalho Coutinho

**ESTUDO DO EFEITO DO RESFRIAMENTO LENTO E BRUSCO DE
ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO PARA
ALVENARIA ESTRUTURAL SUBMETIDA A ALTAS
TEMPERATURAS**

Santa Maria, RS
2023

Ramon Gamalho Coutinho

**ESTUDO DO EFEITO DO RESFRIAMENTO LENTO E BRUSCO DE ARGAMASSA
INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL
SUBMETIDA A ALTAS TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Gihad Mohamad

Santa Maria, RS
2023

Coutinho, Ramon Gamalho
ESTUDO DO EFEITO DO RESFRIAMENTO LENTO E BRUSCO DE
ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO PARA ALVENARIA
ESTRUTURAL SUBMETIDA A ALTAS TEMPERATURAS / Ramon
Gamalho Coutinho.- 2023.
155 p.; 30 cm

Orientador: Gihad Mohamad
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2023

1. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO
SUBMETIDA A ALTAS TEMPERATURAS 2. ALVENARIA ESTRUTURAL
3. EFEITO DO RESFRIAMENTO LENTO E BRUSCO DE ARGAMASSA
INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO I. Mohamad, Gihad II.
Titulo.

Ramon Gamalho Coutinho

**ESTUDO DO EFEITO DO RESFRIAMENTO LENTO E BRUSCO DE ARGAMASSA
INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL
SUBMETIDA A ALTAS TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Aprovada em 25 de abril de 2023.

Gihad Mohamad, Prof. Dr. (UFSM) - (Presidente/Orientador)

Armando Lopes Moreno Junior, Prof. Dr. (UNICAMP)

Rogério Cattelan Antochaves de Lima, Prof. Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estão contribuindo para o desenvolvimento do presente trabalho, em especial a minha família. Ainda, ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao PPGEC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) que estão viabilizando a realização da pesquisa.

RESUMO

ESTUDO DO EFEITO DO RESFRIAMENTO LENTO E BRUSCO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA DE ASSENTAMENTO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL SUBMETIDA A ALTAS TEMPERATURAS

AUTOR: Ramon Gamalho Coutinho

ORIENTADOR: Gihad Mohamad

A argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural vem ganhando espaço no setor de construção civil, como alternativa ao emprego de argamassa preparada *in loco* e em atenção às características mecânicas, quando vinculadas as paredes de alvenaria estrutural. Nessa perspectiva, no presente estudo, teve-se por objetivo avaliar o efeito do resfriamento lento e brusco no comportamento mecânico da argamassa de assentamento para alvenaria estrutural, exposta a elevadas temperaturas (300, 600 e 900 °C). Nos procedimentos, teve-se como base norteadora a obediência às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para a realização da pesquisa, utilizou-se argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, ensacada, com resistência nominal estabelecida pelo fabricante de 4, 12 e 20 MPa. Foram utilizados corpos de prova (CPs) cilíndricos, de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura, distribuídos em ensaios de referência, ensaios de resfriamento lento e ensaios de resfriamento brusco, para as idades de 1, 28, e 91 dias de reidratação pós-aquecimento. A análise dos dados referentes a resistência à compressão e ao módulo de elasticidade estático e dinâmico foram realizadas por meio do *software R Core Team* (2020), assim como os testes estatísticos ANOVA com Tukey *a posteriori*, com 5% de significância. Ainda, foi empregado a Análise de Correspondência Canônica (CCA). Os resultados que mais se destacaram demonstraram que independente da resistência nominal estabelecida pelo fabricante, do método de resfriamento e do período de reidratação, a temperatura de aquecimento de 900°C apresentou redução total ou quase total para ambas as propriedades mecânicas analisadas, além de os CPs de modo geral se degradarem logo após o resfriamento. Quando comparado as resistências nominais, os CPs com resistência nominal de 4 MPa, de modo geral, obtiveram resultados estatísticos mais elevados para o módulo de elasticidade estático, independentemente do método de resfriamento, do período de reidratação e da temperatura de aquecimento. Os CPs com resistência nominal de 12 e de 20 MPa apresentaram resultados estatísticos mais elevados para a resistência à compressão. A exceção dos CPs com resistência nominal de 20 MPa com 1 dia de reidratação, resfriamento brusco, aquecidos a temperatura de 300 e 600 °C, que demonstraram os maiores resultados para o módulo de elasticidade dinâmico. Conforme os resultados desta pesquisa, é notável o efeito prejudicial das temperaturas elevadas nas propriedades mecânicas da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, principalmente devido ao impacto oriundo do método de resfriamento, assim como o período de reidratação pós aquecimento.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Corpos de prova. Módulo de elasticidade. Resistência à compressão.

ABSTRACT

STUDY ON THE EFFECT OF SLOW AND ABRUPT COOLING OF INDUSTRIALIZED BEDDING MORTAR FOR STRUCTURAL MASONRY SUBMITTED TO HIGH TEMPERATURES

AUTHOR: Ramon Gamalho Coutinho

ADVISOR: Gihad Mohamad

The industrialized bedding mortar for structural masonry has been gaining ground in the civil construction sector as an alternative to the use of mortar prepared in loco and in attention to the mechanical characteristics when linked to structural masonry walls. In this perspective, the aim of this study was to evaluate the effect of slow and abrupt cooling on the mechanical behavior of bedding mortar for structural masonry exposed to high temperatures (300, 600 and 900 °C). In the procedures, obedience to the norms of the Brazilian Association of Technical Norms (ABNT) was adopted as a guiding basis. Industrialized bedding mortar for structural masonry, bagged, with nominal resistance, established by the manufacturer of 4, 12 and 20 MPa was used to carry out the research. Were used cylindrical test specimens (TSs) of 50mm in diameter by 100mm in height, distributed in reference tests, slow cooling tests and abrupt cooling tests, for the ages of 1, 28, and 91 days of post-heating rehydration. Data analyzes regarding compressive strength and static and dynamic modulus of elasticity were performed using the R Core Team (2020) software, as well as the ANOVA statistical tests with Tukey a posteriori, with 5% of significance. Still, the Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used. The results that stood out the most showed that regardless of the nominal resistance established by the manufacturer, the cooling method and the rehydration period, the heating temperature of 900°C presented a total or almost total reduction for both analyzed mechanical properties, in addition to the TSs generally degrade soon after cooling. When comparing the nominal strengths, TSs with a nominal strength of 4 MPa, in general, obtained higher results for the static modulus of elasticity, regardless of the cooling method, the rehydration period and the heating temperature. TSs with nominal resistance of 12 and 20 MPa presented higher results for compressive strength. With the exception of TSs with a nominal strength of 20 MPa with 1 day of rehydration, abrupt cooling, heated to a temperature of 300 and 600°C, which showed the best results for the dynamic modulus of elasticity. Given the above, the harmful effect of high temperatures on the mechanical properties of the industrialized laying mortar for structural masonry analyzed in this research is notable, mainly due to the impact arising from the cooling method, as well as the post-heating rehydration period.

Keywords: Structural masonry. Specimens. Elastic modulus. Compression resistance.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Resistência à compressão em função da relação água/cimento.....	24
FIGURA 02 – Resistência à compressão de amostras cúbicas e cilíndricas de argamassa em função da resistência à flexão	25
FIGURA 03 – Relação entre a resistência residual de amostras cúbicas	26
FIGURA 04 – Relação entre a resistência residual de amostras cúbicas e cilíndricas...	26
FIGURA 05 – Falhas básicas nos mecanismos da alvenaria.....	28
FIGURA 06 – Formas cilíndricas.....	34
FIGURA 07 – Forno de aquecimento	35
FIGURA 08 – Equipamentos de ultrassom	36
FIGURA 09 – Prensa INSTRON	37
FIGURA 10 – Organograma das etapas laboratoriais	40
FIGURA 11 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 4MPa, 1 dia de reidratação.....	43
FIGURA 12 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 4MPa, 28 dias de reidratação.....	43
FIGURA 13 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 4MPa, 91 dias de reidratação.....	44
FIGURA 14 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 12MPa, 1 dia de reidratação.....	46
FIGURA 15 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 12MPa, 28 dias de reidratação.....	47
FIGURA 16 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 12MPa, 91 dias de reidratação.....	48
FIGURA 17 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 20MPa, 1 dia de reidratação.....	50
FIGURA 18 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 20MPa, 28 dias de reidratação.....	51
FIGURA 19 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 20MPa, 91 dias de reidratação.....	52
FIGURA 20 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 4MPa, 1 dia de reidratação.....	55
FIGURA 21 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 4MPa,	

28 dias de reidratação.....	55
FIGURA 22 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 4MPa, 91 dias de reidratação.....	56
FIGURA 23 – Curvas tensão – deformação CPs de referência (4MPa).....	57
FIGURA 24 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300°C (RL) (4MPa).....	59
FIGURA 25 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300°C (RB) (4MPa).....	60
FIGURA 26 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600°C (RL) (4MPa).....	62
FIGURA 27 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600°C (RB) (4MPa).....	63
FIGURA 28 – Corpos de prova (4MPa), 900 °C método de resfriamento brusco (a) e lento (b)	65
FIGURA 29 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 12MPa, 1 dia de reidratação	67
FIGURA 30 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 12MPa, 28 dias de reidratação.....	67
FIGURA 31 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 12MPa, 91 dias de reidratação.....	68
FIGURA 32 – Curvas tensão – deformação CPs de referência (12MPa).....	69
FIGURA 33 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RL) (12MPa)...	70
FIGURA 34 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RB) (12MPa)...	72
FIGURA 35 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RL) (12MPa)...	73
FIGURA 36 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RB) (12MPa)...	75
FIGURA 37 – Corpos de prova (12MPa), 900 °C método de resfriamento brusco (a) e lento (b)	76
FIGURA 38 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 20MPa, 1 dia de reidratação	78
FIGURA 39 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 20MPa, 28 dias de reidratação	79
FIGURA 40 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 20MPa, 91 dias de reidratação	79
FIGURA 41 – Curvas tensão – deformação CPs de referência (20MPa).....	80
FIGURA 42 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RL) (20MPa)...	82
FIGURA 43 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RB) (20MPa)...	83
FIGURA 44 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RL) (20MPa)...	85
FIGURA 45 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RB) (20MPa)...	86

FIGURA 46 – Corpos de prova (20MPa), 900 °C método de resfriamento brusco (a) e lento (b).....	88
FIGURA 47 – Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 900 °C (RL) (20MPa): 1 dia de reidratação.....	88
FIGURA 48 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 4MPa, 1 dia de reidratação	90
FIGURA 49 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 4MPa, 28 dias de reidratação.....	91
FIGURA 50 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 4MPa, 91 dias de reidratação.....	91
FIGURA 51 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 12MPa, 1 dia de reidratação	93
FIGURA 52 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 12MPa, 28 dias de reidratação.....	94
FIGURA 53 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 12MPa, 91 dias de reidratação	94
FIGURA 54 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 20MPa, 1 dia de reidratação.....	96
FIGURA 55 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 20MPa, 28 dias de reidratação.....	96
FIGURA 56 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 20MPa, 91 dias de reidratação.....	97
FIGURA 57 – Gráfico teste CCA para argamassas com resistência nominal de 4, 12 e 20 MPa.....	98

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Tabela de estudos correlacionados ao tema	21
TABELA 02 – Tabela de referência para a especificação de resistência dos materiais de alvenaria	33
TABELA 03 – Médias de resistência à compressão, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 4 MPa.....	42
TABELA 04 – Médias de resultado para a resistência à compressão, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 12 MPa	46
TABELA 05 – Médias de resultado para a resistência à compressão, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 20 MPa	50
TABELA 06 – Médias módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 4 MPa.....	54
TABELA 07 – Médias módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 12 MPa.....	66
TABELA 08 – Médias módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 20 MPa.....	78
TABELA 09 – Médias do módulo de elasticidade dinâmico, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 4 MPa.....	90
TABELA 10 – Médias do módulo de elasticidade dinâmico, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 12 MPa.....	93
TABELA 11 – Médias do módulo de elasticidade dinâmico, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 20 MPa.....	95

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	ELEMENTOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL SUBMETIDOS À ELEVADAS TEMPERATURAS.....	18
2.2	ESTUDOS CORRELACIONADOS.....	20
2.3	INFLUÊNCIA DO FATOR FORMA.....	23
2.4	EFEITO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS VINCULAÇÕES DA ALVENARIA.....	27
2.5	MÓDULO DE ELASTICIDADE E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	29
2.6	MÉTODO DE RESFRIAMENTO E PERÍODO DE REIDRATAÇÃO PÓS AQUECIMENTO.....	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	MATERIAIS.....	32
3.2	MÉTODO.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	41
4.1.1	Resistência nominal 4 MPa	41
4.1.2	Resistência nominal 12 MPa	45
4.1.3	Resistência nominal 20 MPa	49
4.2	MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO.....	53
4.2.1	Resistência nominal 4 MPa	54
4.2.2	Resistência nominal 12 MPa	66
4.2.3	Resistência nominal 20 MPa	77
4.3	MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO.....	89
4.3.1	Resistência nominal 4 MPa	89
4.3.2	Resistência nominal 12 MPa	92
4.3.3	Resistência nominal 20 MPa	95
4.4	ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA).....	97

4.5.	DISCUSSÃO	99
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
	REFERÊNCIAS	104
	ANEXOS	112
	APÊNDICES.....	139

1 INTRODUÇÃO

Inúmeros aspectos podem interferir no desempenho de uma parede de alvenaria, quando submetida à ação do fogo, como as propriedades físicas, químicas e térmicas que constituem os materiais e que compõem a estrutura, suas dimensões e as cargas atuantes (NADJAI; O’GARRA; ALI, 2003). A segurança das edificações está diretamente relacionada à estabilidade estrutural, à resistência aos esforços que incidem sobre as mesmas, ao bloqueio a chamas e também à compartimentação de espaços (RUSSO; SCIARRETTA, 2012).

É importante lembrar que as falhas, na alvenaria estrutural, dependem tanto das resistências dos blocos quanto da resistência da argamassa (MOHAMAD *et al.*, 2017). Esses elementos, quando submetidos a elevadas temperaturas, tendem a sofrer expansões térmicas e variações de suas propriedades mecânicas, comprometendo as suas capacidades portantes (ANDREINI; FALCO; SASSU, 2014). Desse modo, é relevante o conhecimento técnico do projetista a respeito de cada material empregado na obra (cimentícios ou cerâmicos), para determinar o nível de desempenho adequado dos materiais (MOHAMAD *et al.*, 2017).

Conforme Andreini *et al.* (2015), uma parede de alvenaria exposta a elevadas temperaturas pode variar seu comportamento devido a inúmeros fatores, como as propriedades mecânicas e geométricas específicas de cada bloco ou argamassa utilizada, dimensões do painel, tipo de exposição ao fogo, entre outros. Nesse sentido, caracterizar os riscos de incêndio em uma edificação pode contribuir para reduzir ou evitar esse tipo de incidente. Identificar a ocorrência do incêndio e suas possíveis causas, avaliar as consequências e probabilidades, por meio de resultados qualitativos e quantitativos, e interpretar os dados obtidos contribuem para a avaliação do grau de risco de um incêndio e para o favorecimento de tomadas de decisão (XIN; HUANG, 2013).

Apesar de as normas técnicas brasileiras como a NBR 15575 – 1 (ABNT, 2021), NBR 14323 (ABNT, 2013), NBR 15200 (ABNT, 2012), NBR 14432 (ABNT, 2001), especificarem limitadores de segurança para edificações em situação de incêndio sob diferentes sistemas construtivos, há uma carência de informações sobre tal quesito em relação a alvenaria estrutural (LEITE; MORENO; TORRES, 2016). Ao se analisar especificamente as argamassas de assentamento ainda existem lacunas de caracterização das mesmas, como o módulo de elasticidade, as relações água/cimento, geometria das amostras de argamassa (cúbicas ou cilíndricas), entre outros fatores, que influenciam diretamente o comportamento do sistema como um todo (MOHAMAD *et al.*, 2009).

Normas como a NBR 14432 (ABNT, 2001), por exemplo, objetivam estabelecer os critérios de resistência ao fogo de elementos construtivos em situações de incêndio, assim como a NBR 15575-1 (ABNT, 2021), que apresenta os requisitos mínimos para garantir a segurança estrutural em caso de incêndio, sem uma definição específica relacionada a argamassa de assentamento estrutural. Para a argamassa de assentamento, a NBR 16868-1 (ABNT, 2020) especifica a resistência à compressão da argamassa até 1,5 vezes a resistência característica e determinada para o bloco, sem ressalvas do fator forma, exposição a diferentes temperaturas, entre outros.

Por se tratar de material frágil, a argamassa tende a falhar em decorrência do aparecimento progressivo de fissuras, comportamento mecânico caracterizado, principalmente, pela heterogeneidade dos materiais empregados (BRULIN *et al.*, 2020). Torna-se notável que, ao se modificar a resistência da argamassa de assentamento ou a espessura da junta de assentamento, a resistência à compressão do sistema de alvenaria, conseqüentemente, também se altera (KHALAF, 1996). Assim, ao se avaliar especificamente os materiais cimentícios que compõem o sistema, quando estes perdem suas características de resistência, pode-se identificar o aparecimento de manifestações patológicas, como esfarelamentos superficiais, perdas de resistência mecânica, colapso da estrutura, entre outras (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011).

Em conformidade com Aydin e Baradan (2007), existem dois aspectos que influenciam diretamente a resistência da argamassa e do concreto, quando submetidos a temperaturas elevadas. O primeiro é definido pelos fatores ambientais, vinculados às características de taxas de aquecimento e resfriamento das amostras, umidade do ambiente e tempo de exposição dos materiais a altas temperaturas. O segundo fator é definido como propriedade dos materiais, caracterizado pela compatibilidade térmica entre as pastas de cimento e cimento/agregado.

Outro aspecto relevante é a resistência e módulo de elasticidade para elementos como argamassa, concreto e pasta de cimento endurecida, sendo relativamente inversos ao aumento de temperatura sofrida, ou seja, quanto mais elevada a temperatura, menor será a resistência e o módulo de elasticidade, respectivamente (CÜLFİK; ÖZTURAN, 2002).

De acordo com Pachta, Tsardaka e Stefanidou (2021), pesquisas demonstram que o aumento de temperatura possui uma relação direta com a resistência da argamassa e do concreto cujas mudanças são quase imperceptíveis a temperaturas de até 300 °C; entre 500 °C e 600 °C, reduz-se de 15% a 40% a resistência, assim como em temperaturas acima de 800 °C, em que há uma completa deterioração dos materiais.

Assim, estudos distintos como (ČERNÝ *et al.*, 2003; MASSE *et al.*, 2002) apontam que a argamassa ao ser exposta a temperaturas elevadas tende a uma redução linear tanto da resistência à compressão, quanto à resistência à tração e ao módulo de elasticidade, de acordo com o aumento da temperatura, originando uma melhora no comportamento dúctil da mesma (NGUYEN *et al.*, 2009).

Portanto, é de suma importância a elaboração de estudos com enfoque na caracterização da argamassa de assentamento para alvenaria estrutural, buscando uma análise direcionada sobre o comportamento de suas propriedades mecânicas frente ao aquecimento, resfriamento e posterior reidratação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do resfriamento lento (RL) e resfriamento brusco (RB) no comportamento mecânico da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, exposta a elevadas temperaturas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- avaliar a influência do aquecimento da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, nas propriedades mecânicas expressas em termos de resistência à compressão, ao módulo de elasticidade estático e ao módulo de elasticidade dinâmico;
- analisar a influência dos métodos de resfriamento lento e brusco nas propriedades mecânicas;
- determinar a influência dos diferentes tempos de reidratação (período de manutenção das amostras em uma sala com controle de temperatura e umidade relativa do ar): 1, 28 e 91 dias nas propriedades mecânicas da argamassa avaliada;

1.2 JUSTIFICATIVA

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que pode ser caracterizado pela otimização, à redução de desperdício de materiais e um maior controle nas diferentes etapas de uma obra, quando o sistema apresentar repetibilidade dos processos. Ao se analisar o desempenho da alvenaria estrutural, é possível identificar a interferência direta dos materiais utilizados. Porém, os estudos realizados em pesquisas laboratoriais têm sua maior incidência relacionada a unidades (blocos e tijolos), havendo carência de estudo e análise em relação à argamassa de assentamento.

Nesses termos, identificar o comportamento mecânico da argamassa de assentamento estrutural, quando submetida a situações adversas, como sinistros, em que é exposta a elevadas temperaturas, é de suma importância, considerando possíveis alterações na estrutura, falhas no sistema, variações no módulo de elasticidade e na resistência e, até mesmo, o colapso parcial ou total da estrutura. Tais comportamentos podem estar diretamente relacionados a influências, como a temperatura de exposição, o método de resfriamento, o tempo de reidratação e diferentes resistências quanto à argamassa empregada. Porém, ao se buscar informações sobre materiais cimentícios expostos a altas temperaturas, em grande parte dos estudos, observa-se empenho, sob diferentes aspectos, na análise do comportamento do concreto, especificamente.

Assim, apesar da norma brasileira NBR 13279 (ABNT, 2005) estabelecer o padrão prismático para as análises laboratoriais dos corpos de prova de argamassa de assentamento, optou-se para a presente pesquisa a utilização de corpos de prova cilíndricos devido a uma lacuna de estudos direcionado ao tema e possíveis nuances causadas pelo fator de forma.

Diante do exposto, justifica-se o presente estudo com base na proposição de uma análise das propriedades mecânicas da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, submetida a elevadas temperaturas e ao método de resfriamento lento e brusco por meio de ensaios laboratoriais, com o intuito de qualificar o banco de dados referentes a essas propriedades, auxiliar na compreensão do tema e subsidiar estudos correlatos. Ainda, visa trazer à tona a importância de focar em estudos direcionados a temática, com o intuito de auxiliar o estabelecimento de critérios de segurança para as normas nacionais, possibilitando aos projetistas um maior controle do sistema alvenaria estrutural, tanto nas fases de projeto quanto na execução e posterior uso das edificações, assim como buscar a não dependência a normas internacionais para tais processos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, organizou-se uma revisão bibliográfica do tema proposto para o presente trabalho quanto aos elementos de alvenaria estrutural submetidos à elevadas temperaturas, estudos correlacionados abordando questões concernentes a altas temperaturas, influência do fator de forma, efeito do comportamento mecânico das vinculações da alvenaria e módulo de elasticidade e resistência à compressão.

2.1 ELEMENTOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL SUBMETIDOS À ELEVADAS TEMPERATURAS

Conforme Hendry (2001), as paredes de alvenaria podem apresentar inúmeras vantagens como aspectos estruturais, proteção contra incêndios, servir como isolante térmico e acústico, entre outros. No entanto, de acordo com Pulatsu *et al.* (2020), por se tratar de um elemento composto por unidades e argamassa a base de cal ou cimento, o comportamento das estruturas de alvenaria acaba sendo caracterizado como complexo devido a sua não linearidade. Além disso, segundo mesmos autores o tipo de argamassa, a resistência, a característica das juntas, assim como a qualidade da obra como um todo, também apresentam interferência no desempenho mecânico dessas.

Em situações de incêndio, além das funções arquitetônicas e estruturais, as paredes de alvenaria devem atender também para a estanqueidade das chamas em conformidade ao estipulado pelas legislações (NGUYEN *et al.*, 2009). Desse modo, estas podem ser empregadas em conjunto com outros elementos, atuando como compartimentação horizontal (NADJAI; O’GARRA; ALI, 2003).

Assim, entende-se que avaliar a resistência dos materiais estruturais que compõem uma edificação é de suma importância pois isso permite identificar confiabilidade, além de possibilitar uma definição adequada aos padrões de projeto (PICHUGIN, 2020). Ainda, de acordo com Nguyen *et al.* (2009), avaliar a alvenaria estrutural em situações de sinistros torna-se fundamental para a segurança pública.

Ao analisarmos a literatura aberta disponível, é evidenciado a falta de procedimentos padrões para avaliar a alvenaria quando submetida em situações de incêndio, além de os métodos derivados utilizados pelos pesquisadores serem variados (DAWARE; NASER, 2021). Deste modo, o comportamento estrutural de elementos de alvenaria diante da ação do fogo ainda requer uma consolidação. A falta de documentos que normatizam e caracterizam as

propriedades desses materiais, assim como resultados experimentais que possibilitem a calibração e validação dos modelos numéricos apontam a necessidade de mais estudos (OLIVEIRA *et al.*, 2021)

Em concordância com Russo e Sciarretta (2013), as definições de resistência ao fogo, para elementos estruturais em diferentes países, seguem padrões semelhantes, como na Austrália, AS 1530 (AS, 1990); nos Estados Unidos, a ASTM E119-95a (ASTM, 1995); na Europa, a ISO 834 (ISO, 1975). Porém, analisar a segurança do sistema construtivo em alvenaria estrutural após incêndio é algo complexo para pesquisadores, devido, principalmente, ao elevado valor dos ensaios e pelas dificuldades de modelagem (física e numérica) dos materiais compósitos, entre outros (RUSSO; SCIARRETTA, 2012).

Com base nessas questões, acredita-se que ainda são poucos estudos direcionados em relação à avaliação de desempenho da alvenaria, quando submetida à ação do fogo, apesar de este sistema construtivo encontrar-se, em grande escala, na construção civil (RIGÃO *et al.*, 2021; PURKISS, 2007). Isso ocorre em virtude de lacunas a respeito das propriedades mecânicas dos elementos que integram a estrutura, em especial, os materiais cimentícios e sua heterogeneidade, o que torna a obtenção de dados muito variável (NALON *et al.*, 2021).

Ao serem expostos a elevadas temperaturas, os materiais utilizados na alvenaria estrutural, como argamassa, blocos compostos de silicato de cálcio ou de concreto, acabam reduzindo seu desempenho mecânico (RUSSO; SCIARRETTA, 2012; YÜZER; AKÖZ; ÖZTÜRK, 2004), podendo ocorrer alterações de comportamento e manifestações patológicas correlacionadas a fissuras, rachaduras, baixa resistência e coesão das juntas e blocos, entre outros (MOHAMAD *et al.*, 2017; MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011). Desse modo, as análises de resistência à compressão e à flexão auxiliam na avaliação da deformação estrutural, em elementos expostos a altas temperaturas (ÇOLAK *et al.*, 2021; DEMIR, 2008).

Para Sedaghatdoost e Behfarnia (2018), a avaliação da redução da massa de materiais cimentícios também se apresenta como ferramenta de investigação para estes elementos em situação de sinistro, pois, ao serem aquecidos, tendem à redução de massa por conta da evaporação de água por dois caminhos: físicos (temperaturas de até 300 °C) e químicos (temperaturas de 300 °C a 1000 °C).

No período inicial de exposição do elemento a temperaturas elevadas, o processo de evaporação de água ocorre de forma gradual. No entanto, quando há um avanço abrupto de temperatura, a permeabilidade se reduz, assim como a dissipação de calor, originando vapor dentro da amostra, pressão no elemento e a conseqüente fragmentação do material (PACHTA; TSARDAKA; STEFANIDOU, 2021).

Diante do exposto, é notável a necessidade de se compreender mais a fundo as características mecânicas da argamassa, em especial a de assentamento, quando empregada na alvenaria estrutural e exposta a temperaturas elevadas, pois se entende que essa interferência direta no sistema construtivo como um todo pode dar origem a manifestações patológicas irreversíveis às edificações.

2.2 ESTUDOS CORRELACIONADOS

Diferentes estudos mostram a caracterização das propriedades mecânicas da argamassa, quando submetida a elevadas temperaturas (Tabela 01). Compreender os achados de tais pesquisas possibilita tomar posse de informações essenciais sobre o tema, além de identificar lacunas ainda existentes em campos promissores para o desenvolvimento de estudos e ensaios científicos, conforme previsto para este estudo.

Tabela 01 – Tabela de estudos correlacionados ao tema

AUTORES (ANO)	TÍTULO DO ARTIGO	PROPRIEDADE MECÂNICA CORRELACIONADA AO ESTUDO	TEMPERATURA DE AQUECIMENTO DA ARGMASSA (°C)	MÉTODO DE RESFRIAMENTO	FORMA DOS CPS	PERÍODO DE REIDRATAÇÃO PÓS AQUECIMENTO (DIAS)
CÜLFIK; ÖZTURAN (2002)	Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high-performance mortar	Módulo de elasticidade; Resistência à compressão;	300, 600 e 900 °C	Lento	Prismáticos (40×40×160 mm) Cilíndricos (50×100 mm)	-
YÜZER; AKÖZ; ÖZTÜRK (2004)	Compressive strength–color change relation in mortars at high temperature	Resistência à compressão;	100, 200, 300, 600, 900 e 1200 °C	Lento e Brusco	Prismáticos (40×40×160 mm)	-
AYDIN; BARADAN (2007)	Effect of pumice and fly ash incorporation on high temperature resistance of cement based mortars	Resistência à compressão;	300, 600 e 900 °C	Lento e Brusco	Prismáticos (40×40×160 mm)	-
KARAHAN (2011)	Residual compressive strength of fire-damaged mortar after post-fire-air-curing	Resistência à compressão	400, 600, 800 e 1000 °C	Lento e Brusco	Cúbicos (40×40×40 mm)	0/1/7 Dias
YAZICI; SEZER; ŞENGÜL (2012)	The effect of high temperature on the compressive strength of mortars	Resistência à compressão	20, 150, 300, 450, 600 e 750 °C	Lento	Cúbicos (50×50×50 mm)	1 Dia
FARZADNIA; ALI; DEMIRBOGA (2013)	Characterization of high strength mortars with nano alumina at elevated temperatures	Resistência à compressão;	100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1000 °C	Lento	Cúbicos (50×50×50 mm); Cilíndricos (20×50 mm)	-
ANDREINI <i>et al.</i> (2015)	Mechanical behavior of masonry materials at high temperatures	Resistência à compressão;	20 à 700 °C	Lento	Cilíndricos (100×200 mm).	-
BRULIN <i>et al.</i> (2020)	Methodology for brick/mortar interface strength characterization at high temperature	Resistência à compressão;	325, 450, 650, 800, 900, 1000, 1200, 1080, 1350, 1450 °C	Lento	-	1 Dia

ARSLAN; BENLI; KARATAS (2020)	Effect of high temperature on the performance of self-compacting mortars produced with calcined kaolin and metakaolin.	Resistência à compressão;	300, 600 e 900 °C	Lento	Prismáticos (40x40x160 mm)	-
BAMONTE; GAMBAROVA; SCIARRETTA (2021)	Thermo-mechanical properties and stress-strain curves of ordinary cementitious mortars at elevated temperatures	Resistências à compressão; Módulo de elasticidade;	200, 400 e 600 °C, e até 900 °C	Lento	Cilíndricos (80x160 mm)	7 Dias
NAVARATNAM <i>et al.</i> (2021)	Residual stress-strain relationship for the biochar-based mortar after exposure to elevated temperature	Resistência à compressão;	200, 450 e 700 °C	Lento	Cilíndricos (100x200 mm)	-
RIGÃO <i>et al.</i> (2021)	Desempenho mecânico de alvenaria estrutural cerâmica e seus componentes em temperaturas elevadas	Resistência à compressão;	400 e 900 °C	Lento	Prismáticos (40x40x160 mm)	2 Dias
NETO <i>et al.</i> (2022)	Effects of post-fire curing on the residual mechanical behavior of cement-lime masonry mortars	Resistência à compressão; Módulo de elasticidade estático;	1260 °C	Lento	Cilíndricos (100 × 200 mm)	1/3/7 Dias

Fonte: Autor, (2022).

Neste contexto, através dos artigos supracitados torna-se evidente o efeito da exposição a elevada temperatura nas propriedades mecânicas da argamassa. De modo geral, entre as propriedades mecânicas analisadas relacionadas ao presente trabalho, as pesquisas demonstraram que a elevação da temperatura reduz a resistência à compressão da argamassa, assim como o módulo de elasticidade, independentemente do método de resfriamento e de temperatura de aquecimento, aspecto que também foi foco desta pesquisa.

2.3 INFLUÊNCIA DO FATOR DE FORMA

Material classificado como frágil, a argamassa pode sofrer alterações em suas propriedades mecânicas devido ao formato e ao tamanho das amostras a serem avaliadas (PARSEKIAN *et al.*, 2014; MAJEED, 2011). Embora, exista uma abrangência de estudos para a análise dos efeitos das dimensões dos corpos de prova, quando vinculados às propriedades características do concreto, pesquisas sobre esse aspecto para a argamassa ainda são insuficientes (SILVA *et al.*, 2016). Conforme Bamonte, Gambarova e Sciarretta (2021), estudos referentes aos compósitos cimentícios expostos à temperaturas elevadas, com objetivo de quantificar o efeito da resistência residual através da relação f_{cT} / R_{cT} , ainda são incipientes quando direcionados as argamassas em específico.

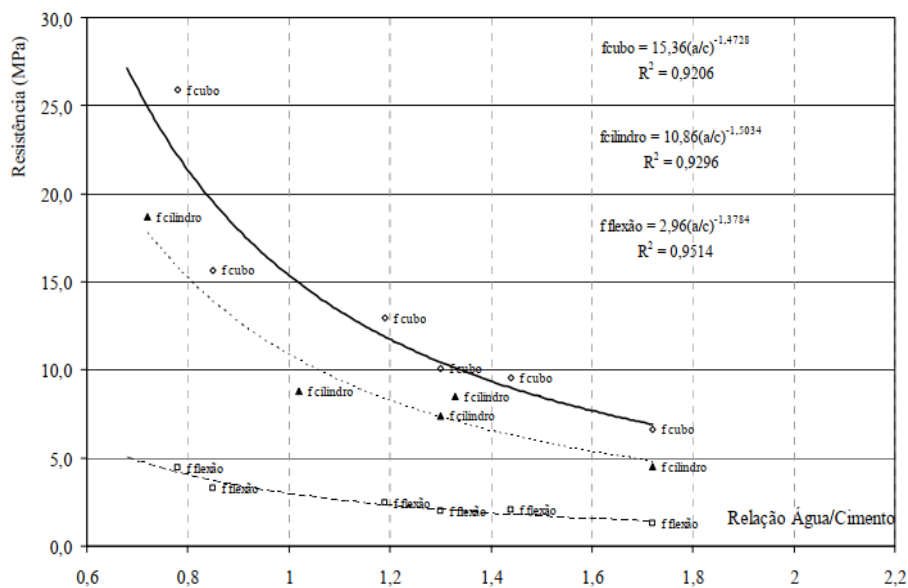
Para uma mesma mistura de argamassa, quando analisada em um formato cilíndrico ou cúbico, observam-se diferentes resistências à compressão. Assim, para a maioria dos formatos de amostra de corpos de prova para ensaio, se comparada às configurações de uma junta de argamassa *in loco*, a resistência à compressão, será mais baixa devido ao estado diferente de tensão para ambas (FONSECA *et al.*, 2019). De acordo com Bamonte, Gambarova e Sciarretta (2021), utilizar corpos de prova em formato cúbico a temperatura ambiente, altas temperaturas e pós resfriamento para analisar a resistência à compressão pode ser considerado questionável ou até mesmo um equívoco, por se observar diferentes influências da temperatura na resistência dos formatos de corpos de prova cúbicos em relação aos cilíndricos.

A norma NBR 7215 (2019) estabelece os procedimentos para determinação de resistência à compressão do cimento Portland para corpos de prova cilíndricos, de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura. Além desta, a NBR 13279 (2005), determina a resistência à tração na flexão e à compressão para argamassa de assentamento e revestimento. Conforme Nalon *et al.* (2021), as caracterizações de resistência podem

seguir os padrões da EN 1015 (EN, 2019), a qual determina a utilização das metades de prismas, com dimensões 4 x 4 x 16 cm, oriundas de testes de flexão, assim como a ASTM C780 (ASTM, 2020), que define o uso de corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 5,08 cm de diâmetro por 10,16 cm de altura e 7,62 cm de diâmetro por 15,24 cm de altura, ou cúbicos de 5,08 cm. Além dessas, a ASTM C109 (ASTM, 2020) estipula a utilização de amostras cúbicas de 5,0 cm. A determinação do módulo de elasticidade dinâmico segue os métodos descritos nas normas ABNT NBR 15630 (ABNT, 2008), ASTM C597 (ASTM, 2016) e ASTM C215 (ASTM, 2019), assim como para a determinação do módulo de elasticidade estático, especificado pelos padrões da ABNT NBR 8522 (ABNT, 2021) e ASTM C469 (ASTM, 2014) (NALON *et al.*, 2021).

O estudo realizado por Mohamad *et al.* (2007), por exemplo, teve como objetivo analisar o comportamento das propriedades mecânicas de módulo de elasticidade, resistência à compressão e resistência à tração na flexão da argamassa em estado endurecido. Para isso, os autores determinaram correlações entre os diferentes traços de argamassa, relação água e cimento e geometria das amostras. Deste modo, a partir dos ensaios de compressão e de flexão para corpos de prova cilíndricos e prismáticos, foi possível identificar a relação entre a resistência e a relação água/cimento, exemplificado na Figura 01, com os resultados médios para cada propriedade.

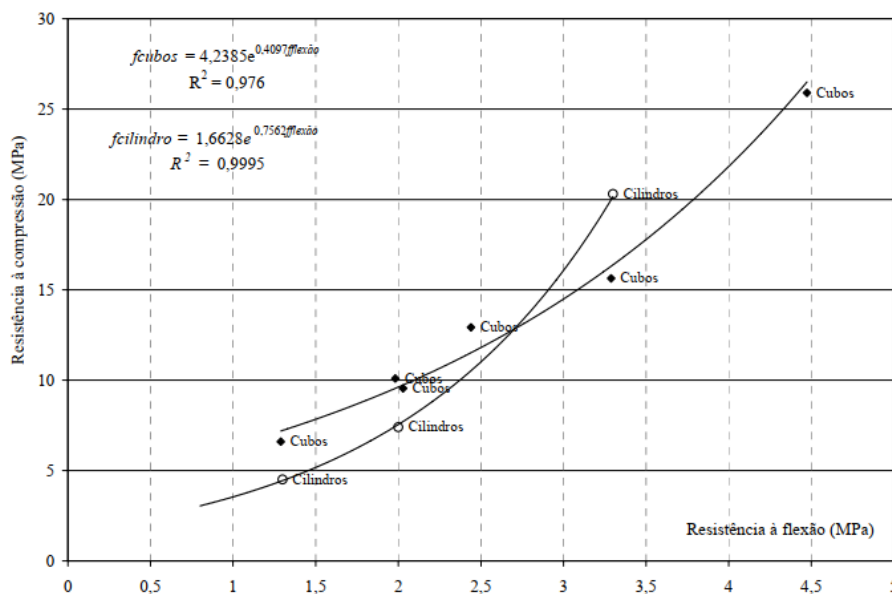
Figura 01 – Resistência à compressão em função da relação água/cimento



Fonte: MOHAMAD *et al.* (2007)

Ainda, os autores verificaram o vínculo entre a resistência à compressão e a resistência à flexão (Figura 02) das amostras de diferentes formas (cilíndricas e cúbicas), por meio da caracterização de uma equação exponencial.

Figura 02 – Resistência à compressão de amostras cúbicas e cilíndricas de argamassa em função da resistência à flexão

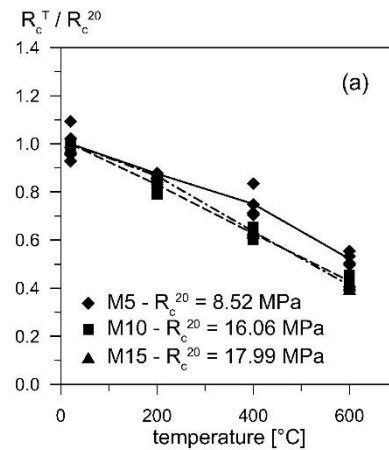


Fonte: MOHAMAD *et al.* (2007)

Como resultados do estudo supracitado, foi possível identificar uma relação entre as resistências das amostras cúbicas, cilíndricas e de flexão, quando vinculadas a relação água/cimento. Ainda, na correlação entre a resistência das amostras cilíndricas, se comparadas às amostras cúbicas em função da relação água/cimento, foi obtida uma proporção média de 0,70, assim como a relação entre as resistências de compressão e resistências de flexão, para ambos os formatos de 0,19 (MOHAMAD *et al.*, 2007).

O estudo de Bamonte, Gambarova e Sciarretta (2021) analisou o comportamento de argamassas de assentamento sob o efeito de exposição à elevadas temperaturas. Estes autores verificaram a relação entre a resistência residual de amostras cúbicas identificadas pelas curvas R_c^T / R_c^{20} (Figura 03), assim como para CPs cilíndricos, representada pela curva (f_c^T / f_c^{20}) . Como resultado, a relação entre as curvas (f_c^{20} / R_c^{20}) para testes com corpos de prova cúbicos de (lado 40 mm) e cilíndricos com dimensões de (80 x 160 mm) curadas em diferentes metodologias foi de aproximadamente 0,60. Porém, conforme a literatura, para condições de cura e dimensões semelhantes das amostras tal relação é aceita em 0,83.

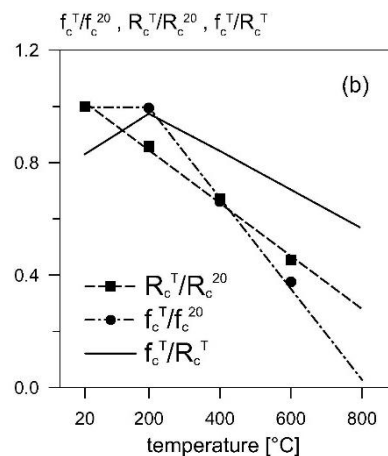
Figura 03 – Relação entre a resistência residual de amostras cúbicas



Fonte: BAMONTE, GAMBAROVA E SCJARRETTA (2021)

Ainda, de acordo com Bamonte, Gambarova e Sciarretta (2021), para haver uma relação entre estas curvas (f_c^{20} / R_c^{20}) analisadas foi realizado a divisão de 0,83 por 0,60 resultando em 1,38, indicando uma resultante (Figura 04), a qual demonstra que a relação entre as curvas reduz com o aumento da temperatura acima de 200 °C. Além disso, o autor traz que os CPs aquecidos à 600 e 800 °C e posteriormente resfriados a temperatura ambiente, a razão entre f_c^T / R_c^T é de aproximadamente 0,75/0,55 respectivamente ao invés de 0,80 e 0,85.

Figura 04 – Relação entre a resistência residual de amostras cúbicas e cilíndricas



Fonte: BAMONTE, GAMBAROVA E SCJARRETTA (2021)

Em conformidade com Patterson e Pavia (2012), a geometria dos corpos de prova (cilíndricos ou prismáticos) de argamassa de cal hidráulica por exemplo, possui

interferência tanto da resistência à compressão quanto da resistência à flexão. Contudo, além do tamanho e forma dos corpos de prova, aspectos como o teor de água das amostras, a compactação, a cura, entre outros, estão diretamente relacionados à resistência dos materiais cimentícios, como a argamassa e o concreto.

Nessa perspectiva, torna-se imprescindível a realização de estudos e de ensaios laboratoriais direcionados à caracterização da argamassa de assentamento para alvenaria estrutural, a fim de se obterem informações a respeito do fator de forma e as possíveis influências originadas.

2.4 EFEITO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS VINCULAÇÕES DA ALVENARIA

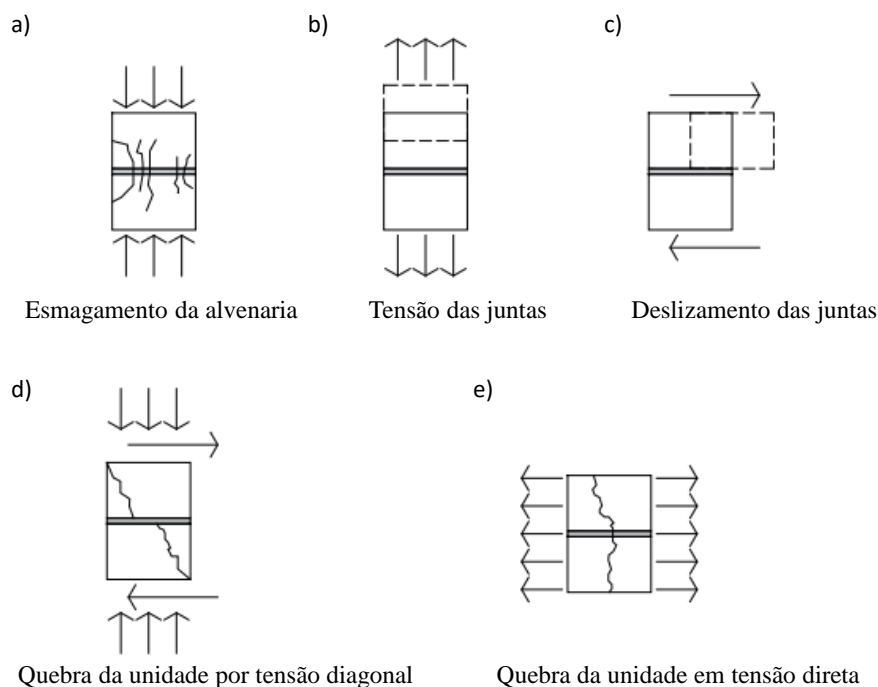
Em estruturas de alvenaria é recorrente a identificação de manifestações patológicas nas vinculações entre os tijolos e as juntas de argamassa, devido à frágil união entre os elementos ou por apresentarem baixa resistência ao cisalhamento (BRULIN *et al.*, 2020). Esta ligação, pode ser considerada em muitos casos a conexão mais tênue das ligações da alvenaria (LOURENÇO, 2002).

A alvenaria, ao ser submetida a cargas verticais, apresenta alterações de comportamento mecânico entre as juntas de argamassa de assentamento e os blocos, induzindo, assim, a tensões laterais e de compressão, em que a argamassa acaba submetida a um estado de tensões triaxiais, alterando o seu comportamento mecânico (BARBOSA *et al.*, 2007). Nesses termos, o comportamento estrutural da alvenaria e de seus mecanismos de ruptura possui interferência tanto na resistência à compressão quanto no módulo de elasticidade (NALON *et al.*, 2021).

Fatores relacionados à temperatura, umidade, recalques de fundação, cargas atuantes, entre outros, podem estar associados à movimentação das estruturas de alvenaria e ao surgimento de alterações, como rachaduras (estado de manutenção) ou esmagamento e fragmentação dos elementos (estado limite) (SARHOSIS; LEMOS, 2018). Deste modo, na interface entre a unidade e a argamassa podem ocorrer dois fenômenos sendo eles relacionados a ruptura por tração ou ruptura por cisalhamento (LOURENÇO, 2002).

Neste sentido, podem ser observadas diferentes falhas básicas nos mecanismos da alvenaria (Figura 05), interligados às unidades (a), às juntas de argamassa (b) e (c), até mesmo na interface entre ambos (como em “d” e “e”) (SARHOSIS; LEMOS, 2018).

Figura 05 – Falhas básicas nos mecanismos da alvenaria



Fonte: Adaptado de Sarhosis e Lemos, (2018) e Lourenço, (1997).

Em concordância com Barros, Almeida e Lourenço (2002), esse comportamento mecânico está vinculado às falhas do material e à sua heterogeneidade. Dessa forma, as fissuras iniciais, a tensão, assim como a resistência do material podem dar início ao processo de fissuras, quando submetidas a deformações progressivas.

Quando uma força vertical de compressão é aplicada na alvenaria, há o surgimento de tensões de compressão triaxial na argamassa e tensão de tração no bloco. Esse aspecto pode representar a característica de ruptura da parede à compressão, o que ocorre, possivelmente, quando a argamassa se aproxima do limite de resistência à compressão confinada ou, no bloco, quando chega ao seu limite de resistência à tração (MOHAMAD; RIZZATTI; ROMAN, 2011).

Nesse sentido, ao ser empregada uma argamassa relativamente mais fraca, comparada ao bloco, comumente ocorrem falhas por esmagamento, ao mesmo tempo em que, se a argamassa possuir maior resistência que o bloco, a alvenaria se limita à resistência à compressão do bloco (FORTES *et al.*, 2017). Deste modo, analisar o comportamento mecânico da argamassa de assentamento é de suma importância para se entenderem as características de ruptura deste sistema construtivo, seja por esmagamento das juntas horizontais, seja por indução de tração nos blocos (MOHAMAD *et al.*, 2009).

Neste sentido, analisar as vinculações dos materiais empregados na alvenaria como os blocos/tijolos e a argamassa torna-se fundamental para avaliar o comportamento da estrutura e poder identificar as possíveis falhas ocorridas na mesma.

2.5 MÓDULO DE ELASTICIDADE E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

De acordo com Sarhosis e Lemos (2018), com o objetivo de estabelecer uma previsão a respeito das características de capacidade de carga da alvenaria, vêm-se desenvolvendo métodos computacionais e ferramentas com inúmeras escalas de complexidade. Deste modo, para analisar o comportamento mecânico da alvenaria através de uma representação numérica, busca-se a utilização de micromodelos (análise do comportamento individual das unidades ou argamassa) e macromodelos (análise do material compósito) (LOURENÇO, 2002). Assim, a escolha adequada para solucionar as diferentes análises depende de princípios, como o tipo de estrutura a ser examinada, níveis de precisão, recursos financeiros, entre outros (SARHOSIS; LEMOS, 2018).

Ao verificar estudos que determinam a resistência à compressão e o módulo de elasticidade dos materiais cimentícios, pode-se identificar uma concentração de pesquisas voltadas ao concreto, sendo que para as propriedades mecânicas da argamassa ainda há poucos estudos direcionados (NALON *et al.*, 2021). A resistência à compressão da alvenaria, quando vinculada à argamassa, tem como característica absorver as deformações e resistir aos esforços, assim como nos blocos, devendo atender à demanda de solicitação de carga exercida sobre a estrutura (LIMA *et al.*, 2021).

Em conformidade com Marques *et al.*, (2020), o módulo de elasticidade, apesar de ser um dos quesitos de suma importância a respeito da caracterização da argamassa, ainda carece de pesquisas que determinem e definam a melhor metodologia a ser utilizada. De acordo com Mohamad, Lourenço e Roman (2007), este pode sofrer influência de diferentes aspectos, entre eles: dispersão dos ensaios experimentais, resistência à compressão da argamassa e da unidade, especificidades construtivas e técnicas, entre outros.

Neste sentido, o módulo de elasticidade pode ser obtido por meio de duas metodologias distintas, seja estática ou dinâmica. Porém, deve ser considerado o tamanho das amostras para a determinação dos valores, pois, quando não for possível a realização do módulo estático, deve-se considerar os valores do módulo dinâmico (MARQUES *et al.*, 2020).

A metodologia estática pode ser definida pelo carregamento direto de uma amostra e a mensuração da alteração de deformação sofrida pela mesma, a qual verifica-se a inclinação da curva tensão - deformação experimental referente a faixa de deformação elástica (MAKOOND *et al.*, 2020). Segundo Marques *et al.* (2020), a utilização da metodologia de módulo de elasticidade estático na engenharia civil propicia a obtenção de resultados mais satisfatórios em relação a metodologia de módulo de elasticidade dinâmico.

Já, a metodologia dinâmica pode ser caracterizada pela medida da frequência ressonante de uma amostra ou a velocidade medida de uma onda de tensão que atravessa a mesma (MAKOOND *et al.*, 2020). Deste modo, através de ensaios não destrutivos é possível a obtenção de informações das propriedades mecânicas dos materiais sem a precisão de retirada de amostras *in loco*, sendo uma característica importante para análise de edificações históricas ou de valor arquitetônico (ESTEVAN *et al.*, 2022).

Desta forma, é de suma importância a realização de estudos e de ensaios laboratoriais voltados à caracterização da resistência à compressão e do módulo de elasticidade, com objetivo de se identificar as possíveis influencias originadas na estrutura de alvenaria.

2.6 MÉTODO DE RESFRIAMENTO E PERÍODO DE REIDRATAÇÃO PÓS AQUECIMENTO

Os materiais de construção ao serem expostos ao fogo, e posteriormente ao resfriamento lento ou brusco, podem sofrer alterações de suas características como mudança de fase, ligação agregado/cimento, redução de massa, entre outros. Deste modo, estas acabam apresentando interferência direta nas propriedades mecânicas e de resistividade química destes materiais (SHOAIIB; AHMED; BALAHA, 2001).

Para Neto *et al.* (2022) ainda são poucas as pesquisas relacionadas ao comportamento pós-aquecimento de argamassas para alvenaria. Além disso, tal aspecto referente aos materiais cimentícios não devem ser diretamente comparados com o comportamento das argamassas para alvenaria, em específico, devido a estas em sua grande maioria apresentarem cal na sua composição.

Nesta perspectiva, as dimensões do corpo de prova e as condições de aquecimento podem interferir em relação a temperatura na qual ocorre a retração máxima do material. Para materiais resfriados ao ar sob aquecimento rápido esta pode ocorrer a temperaturas

de 300 °C, já para temperaturas mais elevadas há uma retração constante do cimento puro podendo chegar à 0,5% das dimensões originais (SHOAIB; AHMED; BALAHA, 2001).

Temperaturas entre 400 e 600 °C propiciam inúmeras reações na pasta de cimento endurecida, como a redução dos poros e dos produtos de hidratação, entre outros. Ainda, a transformação de hidróxido de cálcio em cal e vapor de água durante o processo de aquecimento não apresenta resultados significativos para a redução de resistência, porém pode ocasionar a expansão da cal durante o período de resfriamento originando inúmeras manifestações patológicas (AYDIN; BARADAN, 2007).

Segundo Shoaib, Ahmed e Balaha (2001), o cimento Portland hidratado possui proporções significativas de hidróxido de cálcio livre, o qual reduz sua porcentagem de água a temperaturas entre 400 e 500 °C, liberando cal virgem (óxido de cálcio). Deste modo, caso o óxido de cálcio entre em contato com umidade após o resfriamento, acaba se reidratando em hidróxido de cálcio, juntamente ocorrendo a expansão de seu volume, e em concretos, por exemplo, pode acarretar em uma desintegração do material que resistiu ao fogo. Assim como a temperatura de aquecimento, aspectos como o choque térmico (influenciados pela taxa de aquecimento e resfriamento) e o período de repouso à temperatura máxima, também são responsáveis pelos danos gerados na argamassa (BAMONTE; GAMBAROVA; SCIARRETTA, 2021).

Em conformidade com Karahan (2011), quando comparado o método de resfriamento brusco em relação ao resfriamento lento há uma maior redução de resistência à compressão. Porém, apesar deste reduzir a resistência à compressão do substrato, os produtos oriundos da reidratação de certo modo podem atenuar as manifestações patológicas, e conseqüentemente, aumentar as propriedades de ligações químicas entre a cobertura e o substrato, assim como, as ligações interfaciais. (OUYANG *et al.*, 2023).

Neste sentido, torna-se de grande valia analisar o impacto que o método de resfriamento e o período de reidratação possam interferir no comportamento da argamassa de assentamento para alvenaria estrutural.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A seção é composta pelo programa experimental, pela descrição dos materiais e suas propriedades mecânicas, assim como pela caracterização dos *softwares* de análise de dados estatísticos, empregados no estudo. Desse modo, para a realização dos ensaios laboratoriais, foram utilizadas majoritariamente as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.1 MATERIAIS

As amostras ensaiadas foram desenvolvidas com argamassa industrializada para assentamento de alvenaria estrutural de resistências nominais, especificadas pelo fabricante de 4, 12 e 20 MPa, ensacadas em embalagens de 25 quilogramas. Apesar da ausência de informações por parte do fabricante em relação a composição das mesmas, pode-se inferir que a argamassa de 4 MPa possui menor quantidade de cimento em relação as demais, sendo que a de 20 MPa corresponde a argamassa com maior quantidade de cimento, proporcionalmente em relação as duas anteriores. A escolha do material se deu em função do uso nas edificações de alvenaria estrutural e de acordo com o estabelecido no anexo F (Tabela 02) da norma NBR 16868-1 (ABNT, 2020), sendo estas resistências intermediárias para avaliação do presente estudo.

Tabela 02 – Tabela de referência para a especificação de resistência dos materiais de alvenaria

Bloco vazado de concreto, conforme a ABNT NBR 6136 (ref. 14 x 39 cm)							
fbk (MPa)	fa (MPa)	fgk (MPa)	fpk/fbk	fpk*/fpk	fpk (MPa)	fpk* (MPa)	Espessura mínima de parede do bloco (mm)
3,0	4,0	15,0	0,80	2,00	2,4	4,8	25
4,0	4,0	15,0	0,80	2,00	3,2	6,4	25
6,0	6,0	15,0	0,75	1,75	4,5	7,9	25
8,0	6,0	20,0	0,75	1,75	6,0	10,5	25
10,0	8,0	20,0	0,70	1,75	7,0	12,3	25
12,0	8,0	25,0	0,70	1,60	8,4	13,4	25
14,0	12,0	25,0	0,70	1,60	9,8	15,7	25
16,0	12,0	30,0	0,65	1,60	10,4	16,6	25
18,0	14,0	30,0	0,65	1,60	11,7	18,7	25
20,0	14,0	35,0	0,60	1,60	12,0	19,2	25
22,0	18,0	35,0	0,55	1,60	12,1	19,4	25
24,0	18,0	40,0	0,55	1,60	13,2	21,1	25
Bloco cerâmico de parede vazada, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 x 29 cm)							
fbk (MPa)	fa (MPa)	fgk (MPa)	fpk/fbk	fpk*/fpk	fpk (MPa)	fpk* (MPa)	Espessura mínima de parede do bloco (mm)
4,0	4,0	15,0	0,50	1,60	2,0	3,2	8
6,0	6,0	15,0	0,50	1,60	3,0	4,8	8
8,0	6,0	20,0	0,50	1,60	4,0	6,4	8
10,0	8,0	25,0	0,45	1,60	4,5	7,2	8
12,0	8,0	25,0	0,45	1,60	5,4	8,6	8
Bloco cerâmico de parede maciça, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 x 29 cm)							
fbk (MPa)	fa (MPa)	fgk (MPa)	fpk/fbk	fpk*/fpk	fpk (MPa)	fpk* (MPa)	Espessura mínima de parede do bloco (mm)
10,0	8,0	20,0	0,60	1,60	6,0	9,6	22
14,0	12,0	25,0	0,60	1,60	8,4	13,4	25
18,0	15,0	30,0	0,60	1,60	10,8	17,3	30

fpk* = resistência de prisma cheio

Fonte: Adaptado de NBR 16868-1 (ABNT, 2020).

3.2 MÉTODO

Para o processo de ensaios, utilizou-se majoritariamente as prescrições determinadas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), adaptadas ao contexto da pesquisa. Assim, para cada conjunto de ensaio laboratorial, foram moldados, com argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, 20 corpos de prova (CPs) cilíndricos, com dimensões de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura (Figura 06); para cada resistência nominal, 4, 12 e 20 MPa; método de resfriamento lento (RL) e método de resfriamento brusco (RB); temperatura de

aquecimento, referência (sem aquecimento), 300, 600 e 900 °C, sendo destas duas (02) amostras de *backup*, caso ocorresse alguma falha nas demais antes do aquecimento.

Figura 06 – Formas cilíndricas



Fonte: Autor, (2021).

Deste modo, foram empregados nos ensaios 18 CPs para cada resistência nominal, 4, 12 e 20 MPa; método de resfriamento RL ou RB e temperatura de aquecimento, referência (sem aquecimento), 300, 600 e 900 °C. Além disso, os 18 CPs para cada conjunto de ensaios foram divididos em períodos de reidratação seguindo a ordem de 6 corpos de prova para 1 dia de reidratação; 6 CPs para 28 dias de reidratação; e 6 CPs para 91 dias de reidratação.

A NBR 16541 (ABNT, 2016) descreve o método de preparo utilizado para a mistura em laboratório para argamassa submetida ao ensaio de caracterização do material. A dosagem dos materiais seguiu os parâmetros especificados pela norma, com 2,5Kg de argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, juntamente com a adição de água, de acordo com as indicações do fabricante e com vistas ao atendimento da consistência prescrita por norma, sendo está fixada no ensaio.

A argamassa foi preparada de acordo com a norma NBR 16541 (ABNT, 2016). Assim como, o método de obtenção dos índices de consistência da argamassa empregada no ensaio seguiu a norma NBR 13276 (ABNT, 2016).

O processo de moldagem seguiu os parâmetros da norma NBR 7215 (ABNT, 2019). Posterior ao processo de modelagem, os corpos de prova foram organizados e armazenados em uma sala de controle de temperatura ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar ($60\% \pm 5\%$). Na sequência, foi realizada a desmoldagem em 72 horas, e em 14 dias

de cura, os CPs foram retificados para regularizar as superfícies das suas extremidades. Período esse estipulado para que as amostras obtivessem resistência mínima sem ocorrer danos as mesmas durante o processo de retífica. Ainda, para possibilitar a secagem destas até a realização dos ensaios buscando a não interferência de umidade nos resultados, já que o equipamento utilizado empregava água durante o processo.

Aos 28 dias de cura, foram realizados os procedimentos de aquecimento dos 18 corpos de prova para cada resistência nominal de 4, 12 e 20 MPa e método de resfriamento RL e RB, exceto os CPs de referência (não aquecidos), no forno elétrico (Figura 07) utilizado para a realização dos ensaios.

Para o presente trabalho utilizou-se a recomendação técnica internacional 129-MHT (RILEM, 1995), adaptada ao contexto da pesquisa, com a uma taxa de aquecimento de 4°C/min., com patamar de uma hora.

Figura 07 – Forno de aquecimento



Fonte: Autor, (2021).

Os ensaios de aquecimento foram divididos em três grupos. O primeiro foi caracterizado como *ensaio de referência* em que os CPs de referência foram mantidos em laboratório à temperatura ambiente de $(23 \pm 2^\circ\text{C})$ e umidade de $(60 \pm 5\%)$ controladas, para posterior análise. O segundo grupo foi definido como *ensaio de resfriamento lento*, no qual as amostras foram submetidas a temperaturas elevadas de 300, 600, 900 °C e resfriadas lentamente até a temperatura ambiente, com uma abertura padrão na porta do forno elétrico de 5 cm, onde permaneceram até o dia seguinte. Já, o terceiro grupo foi classificado como *ensaio de resfriamento brusco*, cujos corpos de prova foram submetidos a temperaturas elevadas de 300, 600, 900 °C e resfriados bruscamente após o

término do período de aquecimento, por processo de imersão em água a temperatura ambiente em um tanque de 500 litros, por um período de 5 minutos, sendo este procedimento padronizado para a pesquisa.

Posteriormente, os CPs aquecidos também foram acondicionados na sala com controle de temperatura e umidade, em ambiente com temperatura (23 ± 2 °C) e umidade ($60 \pm 5\%$) até a realização dos ensaios. Na sequência, cada conjunto de ensaio foi dividido, conforme o período de reidratação, de 1, 28 e 91 dias de reidratação. Para cada resistência nominal de argamassa 4, 12 e 20 MPa, cada temperatura de aquecimento (300, 600 e 900 °C) e para cada método de resfriamento (lento e brusco), foram ensaiados 18 CPs, sendo 6 CPs para cada idade de reidratação de 1, 28 e 91 dias.

O módulo de elasticidade dinâmico das argamassas foi avaliado conforme NBR 15630 (ABNT, 2008) com auxílio do equipamento de ultrassom (Figura 08). Cabe salientar que essa norma recomenda o uso de corpos de prova prismáticos segundo o padrão normativo brasileiro para argamassa, o qual foi adaptado para a geometria de corpos de prova cilíndricos da presente pesquisa.

Figura 08 – Equipamentos de ultrassom



Fonte: Autor, (2021).

Para a execução do ensaio, inicialmente foi realizado o nivelamento das extremidades dos CPs com o auxílio de uma lixa com o objetivo de facilitar o acoplamento dos transdutores do ultrassom. Assim, foi verificada a regulagem do tempo medido pelo equipamento, por meio de uma barra de referência, e determinada a densidade de massa aparente dos CPs, conforme a NBR 13280 (2005).

Em seguida, os transdutores foram posicionados de forma centralizada nas faces opostas dos CPs, realizadas três leituras e registrado o menor valor observado em cada uma delas. Desse modo, por meio dos resultados obtidos, foram calculados velocidade de propagação de ondas e módulo de elasticidade dinâmico. Para cada resistência nominal de argamassa, temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação, seis (06) corpos de prova foram ensaiados ao módulo de elasticidade dinâmico.

Além disso, foi analisada a resistência à compressão dos CPs, seguindo a norma NBR 7215 (ABNT, 2019), por meio do uso de uma prensa de compressão INSTRON (Figura 09). Ainda, foi definido o módulo de elasticidade estático, de acordo com as normas de concreto NBR 8522-1 (ABNT, 2021) e 8522-2 (ABNT, 2021), adaptadas ao contexto da pesquisa, utilizando-se extensômetros elétricos, do tipo *strain-gauge*, sendo três unidades coladas em cada corpo de prova ensaiados.

Figura 09 – Prensa INSTRON



Fonte: Autor, (2021).

Estas normas descrevem dois métodos de ensaio para a realização da determinação do módulo de elasticidade estático: a metodologia A, de (tensão fixa) e a metodologia B, de (deformação específica fixa). Para o presente estudo, foi utilizado o método A, dividido em quatro (04) etapas de aplicação. Para a primeira etapa, cada corpo de prova foi carregado até a carga de limite de tensão superior (obtida pelo ensaio de resistência à compressão, correspondendo a 30% da carga de ruptura) por um período de 60 segundos. Posteriormente, foi descarregada a carga empregada, próxima a zero ou à primeira marcação realizada, mantendo-se o contato entre a prensa e o corpo de prova.

Na segunda etapa, o corpo de prova foi carregado até uma força de 0,5 MPa e mantido por um período de 60 segundos. Posteriormente, foi carregado até a força de tensão limite superior, mantida por 60 segundos. Em seguida, ocorreu o descarregamento da força empregada, permanecendo próxima a zero ou à primeira marcação realizada, mantendo-se o contato entre a máquina e o corpo de prova. Para a etapa três, foi repetido novamente o procedimento da etapa dois.

A etapa 4 corresponde ao carregamento do corpo de prova a uma tensão de 0,5 MPa, mantendo-se esta força por 60 segundos, com registro das deformações observadas até 30 segundos. Posteriormente, o mesmo foi carregado até a força de tensão do limite superior, mantida por 60 segundos. Ainda, foram registradas as deformações observadas até 30 segundos. Por fim, após a realização da leitura de deformação, foram liberados os instrumentos, quando preciso, e foi carregado novamente o corpo de prova em uma mesma taxa de velocidade, utilizada nas etapas anteriores, até ocorrer a ruptura ou a obtenção da resistência efetiva da amostra. Desse modo, ao serem observados os resultados, se a resistência efetiva for diferente da tensão de ruptura em mais ou menos 20%, os resultados foram considerados não confiáveis.

Os corpos de prova ensaiados para o módulo de elasticidade estático também forneceram resultados de resistência à compressão. Assim, para cada resistência nominal de argamassa, temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação, seis (6) corpos de prova foram ensaiados à resistência à compressão e quatro (4) CPs ao módulo de elasticidade estático.

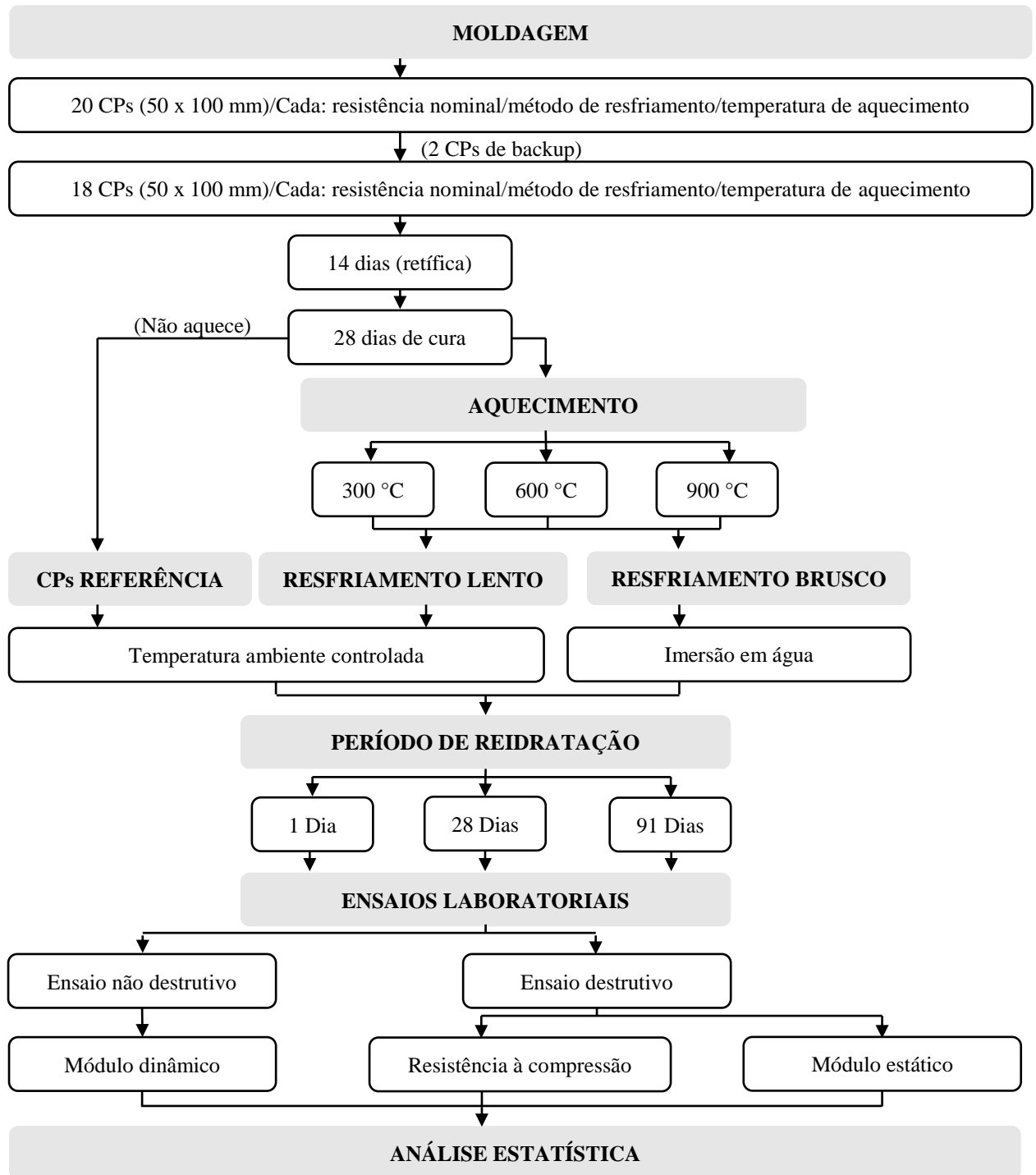
A partir da obtenção dos resultados referentes aos ensaios supracitados, foram realizadas análises estatísticas. Deste modo, utilizou-se o *software R Core Team* (2020) e os testes ANOVA com *Tukey a posteriori* (5% de significância). Os dados eram paramétricos, tendo amplitude para a análise em questão, foram normalizados (transformados em logaritmos) e testados com 95% de significância.

Também foi empregada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), que detecta o quanto da variabilidade nos parâmetros é explicada pelas variáveis analisadas (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). A autocorrelação foi verificada através da construção de uma matriz covariável (LEGENDRE, 1990; BORCARD *et al.*, 1992, 2004). A covariável (resistência à compressão, módulo de elasticidade estático, e módulo de elasticidade dinâmico) foi utilizada como matriz, através do procedimento de seleção (*forward stepwise*) manual de variáveis, pelo qual apenas variáveis com incremento significativo na explicabilidade do modelo são adicionadas ($p < 0,05$ pelo teste de

permutações de Monte Carlo com 999 randomizações). Desta forma, as três variáveis foram incluídas no modelo. Adicionalmente, foi atribuído menor peso a análise sem aquecimento e o teste de Monte Carlo (999 aleatorizações) foi utilizado para testar a significância de todos os eixos canônicos e da correlação (TER BRAAK; SMILAUER, 2002).

Os dados foram logaritmizados [$\log_{10}(x+1)$], e transformados pela raiz quadrada e padronizados (pelo desvio padrão). A logaritmização dos dados foi adotada para normalizá-los e torná-los homocedásticos (SOKAL; ROHLF, 1995). A padronização dos dados ambientais foi realizada para homogeneizar a escala das diferentes unidades de medida incluídas na matriz. Para melhor compreensão das etapas laboratoriais do presente estudo têm-se a Figura 10.

Figura 10 – Organograma das etapas laboratoriais



Fonte: Autor, (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item estão apresentados os resultados experimentais de resistência à compressão, módulo de elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico obtidos através dos ensaios laboratoriais para cada resistência nominal de argamassa, temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação.

4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados médios para a resistência a compressão em MPa, desvio padrão e coeficiente de variação, considerando a resistência nominal, temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação foram descritos baseados nos dados obtidos na presente pesquisa, de acordo com cada resistência nominal analisada: 4 MPa (APÊNDICE A), 12 MPa (APÊNDICE B) e 20 MPa (APÊNDICE C). Ainda, observou-se também os resultados por meio dos testes estatísticos ANOVA com *Tukey a posteriori* (5% de significância): 4 MPa (ANEXO A, B e C), 12 MPa (ANEXO D, E e F) e 20 MPa (ANEXO G, H e I), em que os dados obtidos foram normalizados (transformados em logaritmos) e testados com 95% de significância.

4.1.1 Resistência nominal 4 MPa

Pode-se observar que para a média dos CPs com resistência nominal de 4 MPa (Tabela 03), houve uma redução de resistência à compressão conforme o aumento de temperatura, independentemente do método de resfriamento lento ou brusco e da idade de reidratação 1, 28 e 91 dias. Conforme Karahan (2011) a exposição da argamassa a temperaturas elevadas entre 400 e 1000 °C acaba reduzindo a resistência à compressão da mesma em relação às amostras de controle em especial aquelas aquecidas a 1000°C e independentemente do método de resfriamento.

Para a temperatura de 900 °C, em ambos os métodos de resfriamento e idades de reidratação a resistência à compressão foi zero. O estudo de Rigão *et al.* (2021), por exemplo, visou uma análise do efeito das altas temperaturas sob o comportamento mecânico da argamassa estrutural industrializada de resistência nominal de 4 MPa. Este pode observar que na temperatura de aquecimento de até 400 °C houve a manutenção de certo modo da resistência residual da argamassa. Ainda, os autores verificaram que

aquelas amostras aquecidas à 900 °C não apresentaram resistência mecânica significativa, as quais sob efeito do resfriamento lento apresentam elevada deterioração, identificado que esta temperatura se torna capaz de promover danos irreversíveis para argamassas estruturais, sendo o mesmo identificado na presente pesquisa para tal temperatura.

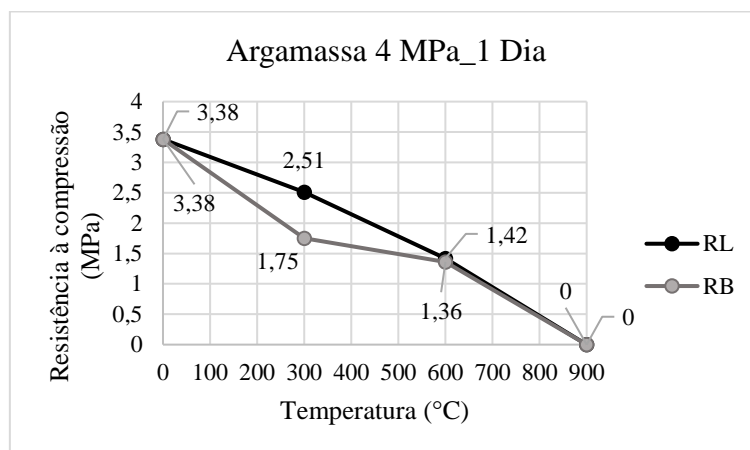
Tabela 03 - Médias de resistência à compressão, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 4 MPa.

Período de Reidratação	Resultados Médios	Método de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento Referência	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			300°C	600°C	900°C	300°C	600°C	900°C
1 Dia	Resistência à compressão (MPa)	3,38	2,51	1,42	0,00	1,75	1,36	0,00
	Desvio Padrão	0,56	0,46	0,23	0,00	0,22	0,25	0,00
	Coeficiente de variação	16,67%	18,44%	16,27%	0,00%	12,77%	18,18%	0,00%
28 Dias	Resistência à compressão (MPa)	3,80	3,02	2,22	0,00	2,57	2,29	0,00
	Desvio Padrão	0,41	0,28	0,30	0,00	0,22	0,18	0,00
	Coeficiente de variação	10,85%	9,33%	13,40%	0,00%	8,53%	7,67%	0,00%
91 Dias	Resistência à compressão (MPa)	3,20	2,68	1,67	0,00	1,68	1,83	0,00
	Desvio Padrão	0,69	0,68	0,14	0,00	0,77	0,27	0,00
	Coeficiente de variação	21,67%	25,56%	8,54%	0,00%	45,81%	14,61%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 11), através do método de resfriamento lento houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 26% para os CPs aquecidos a 300 °C, 58% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos a 900 °C, comparando-os aos CPs de referência. Através o método de resfriamento brusco, a redução foi de 48% para os CPs aquecidos a 300 °C, 60% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos a 900 °C quando comparados aos CPs de referência.

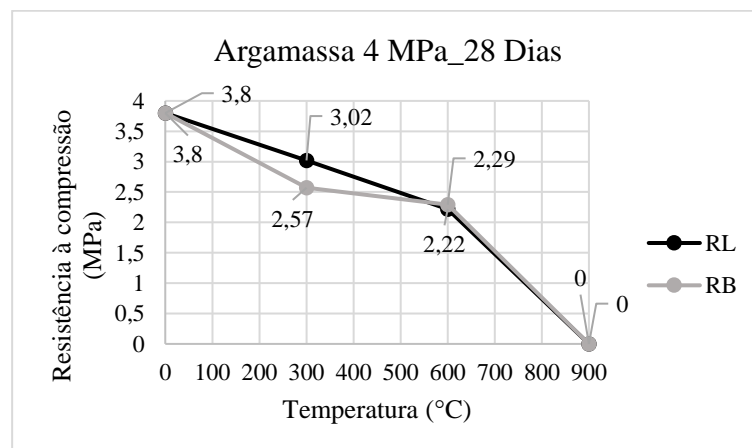
Figura 11 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 4MPa, 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 12), através do método de resfriamento lento, houve uma redução da média de resistência à compressão em 20% para os CPs aquecidos à 300 °C, 42% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, quando comparados aos CPs de referência. Através do método de resfriamento brusco, a redução foi de 32% para os CPs aquecidos à 300 °C, 40% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, comparando-se aos CPs de referência.

Figura 12 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 4MPa, 28 dias de reidratação.

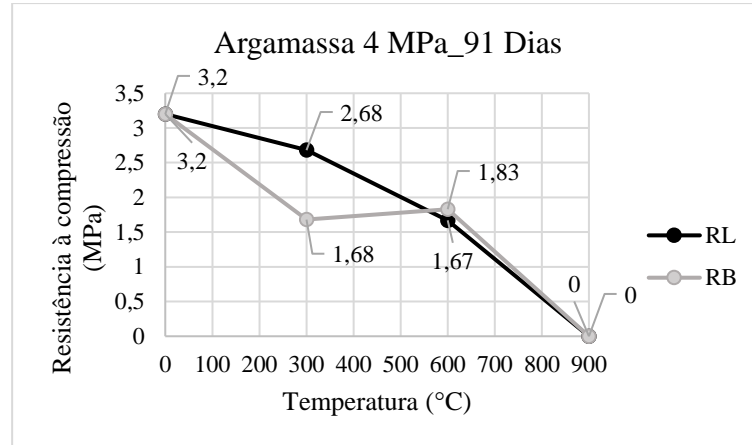


Fonte: Autor, (2023).

Em 91 dias de reidratação (Figura 13), através do método de resfriamento lento quando comparado aos CPs de referência, houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 16% para os CPs aquecidos à 300 °C, 48% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Através do método de

resfriamento brusco, a redução foi de 47% para os CPs aquecidos à 300 °C, 43% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 13 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 4MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Ainda, quando comparado os métodos de resfriamento (lento em relação ao brusco) para mesma temperatura de aquecimento, os CPs aquecidos à 300 °C RB, apresentaram um maior percentual de redução da resistência à compressão em relação a demais temperaturas, sendo aproximadamente 30% para 1 dia de reidratação, 15% para 28 dias de reidratação e 37% para 91 dias de reidratação.

De modo geral, pode-se observar também que o método de resfriamento de certo modo possui influência sobre o comportamento da resistência à compressão para a argamassa de resistência nominal de 4 MPa. Ao analisarmos o resfriamento brusco em relação ao resfriamento lento para ambos os períodos de reidratação, este apresentou uma maior redução desta propriedade, principalmente em temperaturas de 300 °C quando comparado aos CPs de referência.

Conforme Aydın e Baradan (2007), o choque térmico entre os corpos de prova e a água (resfriamento brusco) pode ter interferência direta na redução da resistência à compressão, devido a formação de microfissuras oriundas do processo. Ainda, segundo os autores em materiais cimentícios, como o concreto por exemplo, além dos diferentes gradientes térmicos propiciados durante o método de resfriamento brusco, o grau de saturação da água dos CPs também pode interferir em tal resultado.

Ao analisar a resistência à compressão através do teste ANOVA com *Tukey a posteriori* para os corpos de prova com resistência nominal de 4 MPa com 1 dia de

reidratação, nos diferentes métodos de resfriamento e temperatura de aquecimento, verifica-se diferença significativa entre resfriamento brusco 900 °C com o resfriamento brusco de 300 °C e os CPs de referência, 300 °C e 600 °C resfriamento lento. Para resfriamento brusco 600 °C, encontrou-se diferença significativa entre ele e resfriamento brusco de 300 °C e para ele e os CPs de referência e 300 °C resfriamento lento. Para resfriamento brusco 300 °C, houve diferença significativa entre ele e os CPs de referência e 300 °C resfriamento lento. Já, o método de resfriamento lento apresentou diferença significativa para resistência à compressão entre todas as temperaturas.

Quando analisamos a resistência à compressão para 28 dias de reidratação, encontrou-se diferença significativa entre todos os métodos de resfriamento, com exceção do resfriamento brusco e lento à 600 °C, entre o resfriamento brusco 300 °C e resfriamento lento 600 °C e 300 °C e entre resfriamento brusco e lento à 900 °C.

Ao analisar a resistência à compressão para 91 dias de reidratação encontrou-se para o resfriamento brusco 900 °C, diferença significativa entre ele e todos os métodos de resfriamento, com todas as temperaturas de aquecimento, com exceção do resfriamento lento à 900 °C. Para o resfriamento brusco 600 °C, encontrou-se diferença significativa entre ele e o resfriamento lento 900 °C e os CPs de referência. Para resfriamento brusco 300 °C, encontrou-se diferença significativa entre ele e resfriamento lento 900 °C e os CPs de referência. Para resfriamento lento 900 °C encontrou-se diferença significativa entre ele e todas as demais temperaturas. Para os CPs de referência, encontrou-se diferença significativa entre eles e resfriamento lento à 600 °C.

4.1.2 Resistência nominal 12 MPa

A Tabela 04, apresenta os resultados médios para a resistência à compressão dos CPs com resistência nominal de 12 MPa, sendo possível identificar de modo geral uma redução da resistência à compressão de acordo com o aumento da temperatura independentemente do método de resfriamento e do período de reidratação.

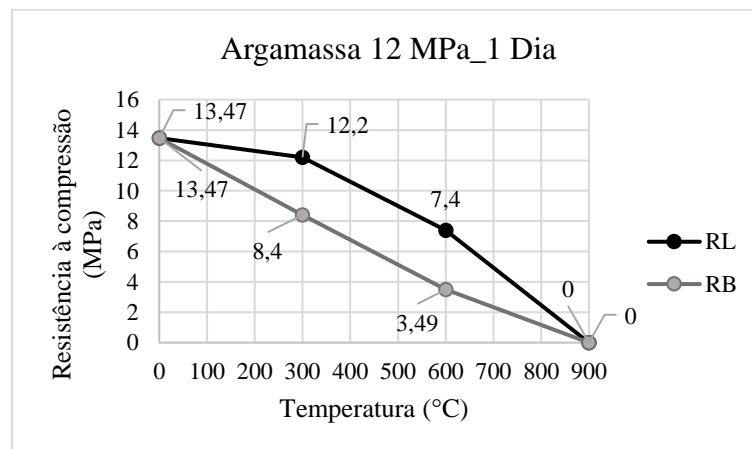
Tabela 04 - Médias de resultado para a resistência à compressão, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 12 MPa

Período de Reidratação	Resultados Médios	Método de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
		Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C	900°C
1 Dia	Resistência à compressão (MPa)	13,47	12,20	7,40	0,00	8,40	3,49	0,00
	Desvio Padrão	1,63	1,18	0,62	0,00	0,67	0,63	0,00
	Coeficiente de variação	12,07%	9,70%	8,43%	0,00%	8,01%	17,98%	0,00%
28 Dias	Resistência à compressão (MPa)	12,94	10,93	7,39	0,00	9,89	6,14	0,00
	Desvio Padrão	1,72	1,64	0,60	0,00	0,76	0,68	0,00
	Coeficiente de variação	13,32%	15,02%	8,06%	0,00%	7,71%	11,10%	0,00%
91 Dias	Resistência à compressão (MPa)	13,28	11,28	6,16	0,00	9,36	6,26	0,00
	Desvio Padrão	4,40	1,20	0,94	0,00	2,21	0,71	0,00
	Coeficiente de variação	33,14%	10,61%	15,20%	0,00%	23,56%	11,30%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 14), através do método de resfriamento lento, houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 9% para os CPs aquecidos à 300 °C, 45% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, comparando-os aos CPs de referência. Através o método de resfriamento brusco, a redução foi de 38% para os CPs aquecidos à 300 °C, 74% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C quando comparados aos CPs de referência.

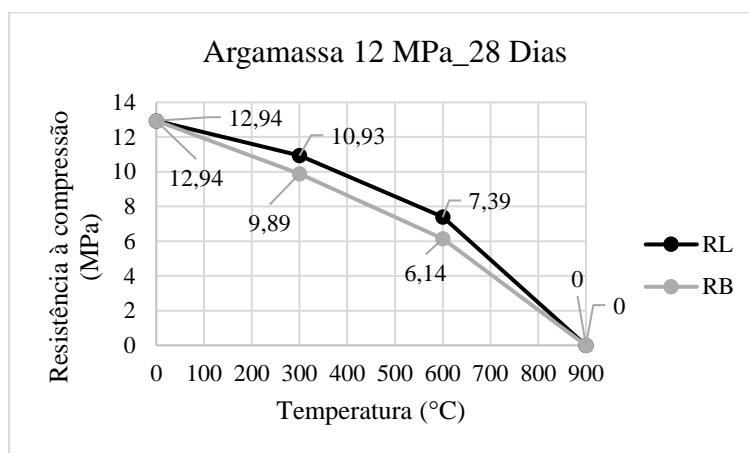
Figura 14 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 12MPa, 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 15), com o método de resfriamento lento, houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 16% para os CPs aquecidos à 300 °C, 43% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, quando comparados aos CPs de referência. Com o método de resfriamento brusco, a redução foi de 24% para os CPs aquecidos à 300 °C, 53% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, quando comparados aos CPs de referência.

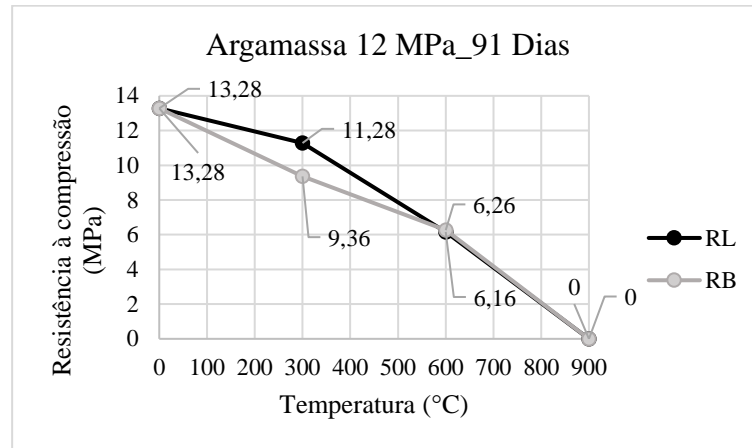
Figura 15 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 12MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Em 91 dias de reidratação (Figura 16), com o método de resfriamento lento quando comparado aos CPs de referência, houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 15% para os CPs aquecidos à 300 °C, 54% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Com o método de resfriamento brusco, a redução foi de 29% para os CPs aquecidos a 300 °C, 53% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 16 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 12MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Além disso, se comparados os métodos de resfriamento RL e RB para as mesmas temperaturas e períodos de reidratação a maior redução das médias entre ambos os aspectos foi de 53% para a temperatura de 600 °C resfriamento brusco com 1 dia de reidratação em relação a temperatura de 600 °C resfriamento lento. Já, as temperaturas de 900 °C, não apresentaram alteração nos resultados sendo estes zeros.

Neste sentido, a argamassa quando aquecida em temperaturas acima de 400 °C/500 °C o hidróxido de cálcio acaba se transformando em óxido de cálcio ao perder água. Deste modo, caso óxido de cálcio entre em contato com água novamente ocorre a reidratação do mesmo em hidróxido de cálcio e conseqüentemente o aumento de volume do CPs, sendo um aspecto prejudicial em relação a resistência (AYDIN; BARADAN, 2007).

Ainda, quando analisamos a resistência à compressão dos CPs com resistência nominal de 12 MPa através do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, para 1 dia de reidratação submetidos aos resfriamentos brusco e lento e em diferentes temperaturas de aquecimento, verifica-se diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção do resfriamento brusco e lento 900 °C, entre resfriamento brusco 300 °C e resfriamento lento 600 °C e entre os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C.

Para 28 dias de reidratação, a resistência à compressão dos CPs com resistência nominal de 12 MPa foi verificada diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção dos métodos de resfriamentos bruscos e lento 900 °C, resfriamento brusco e lento

600 °C, resfriamento brusco e lento 300 °C e entre os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C.

Para 91 dias de reidratação, encontrou-se diferenças significativas para todos os tratamentos, com exceção do método de resfriamento brusco e lento 900 °C, resfriamento brusco e lento 600 °C, resfriamento brusco e lento 300°C e 600 °C. Ainda entre os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C.

4.1.3 Resistência nominal 20 MPa

A Tabela 05, apresenta os resultados médios para a resistência a compressão dos CPs com resistência nominal de 20 MPa, na qual foi possível observar de amplo modo uma redução da média da resistência à compressão de acordo com o aumento da temperatura independentemente do método de resfriamento e do período de reidratação, a exceção da (temperatura de 300 °C, resfriamento lento, com 28 dias de reidratação), a qual apresentou um aumento de 8% desta propriedade mecânica. Além disso, a média de resultado para a resistência à compressão nas temperaturas de 900 °C, para ambos os períodos de reidratação e métodos de resfriamento foi zero, em exceção a 900 ° (RL) com 1 dia de reidratação a qual apresentou resultado de 1,89 MPa. Ainda, pode-se verificar que em nenhum corpo de prova analisado (APÊNDICE C) a resistência à compressão da argamassa correspondeu às especificações mínimas estabelecidas pelo fabricante sendo resistência nominal de 20 MPa.

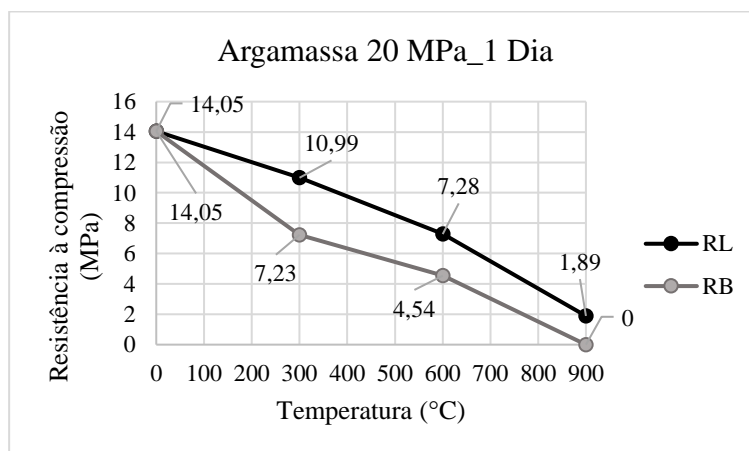
Tabela 05 - Médias de resultado para a resistência à compressão, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 20 MPa

Período de Reidratação	Resultados Médios	Método de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
		Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C	900°C
1 Dia	Resistência à compressão (MPa)	14,05	10,99	7,28	1,89	7,23	4,54	0,00
	Desvio Padrão	2,00	1,11	0,91	0,28	3,33	0,92	0,00
	Coeficiente de variação	14,26%	10,06%	12,57%	14,65%	46,00%	20,26%	0,00%
28 Dias	Resistência à compressão (MPa)	12,28	13,21	8,83	0,00	10,93	6,50	0,00
	Desvio Padrão	1,56	3,28	1,65	0,00	1,13	0,62	0,00
	Coeficiente de variação	12,69%	24,85%	18,71%	0,00%	10,35%	9,48%	0,00%
91 Dias	Resistência à compressão (MPa)	12,74	10,10	7,48	0,00	10,46	7,31	0,00
	Desvio Padrão	2,89	1,80	0,66	0,00	1,64	1,48	0,00
	Coeficiente de variação	22,72%	17,82%	8,76%	0,00%	15,68%	20,19%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 17) se comparado aos CPs de referência, através do método de resfriamento lento, houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 22% para os CPs aquecidos à 300 °C, 48% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 87% para os CPs aquecidos à 900 °C. Através do método de resfriamento brusco, a redução foi de 49% para os CPs aquecidos à 300 °C, 68% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C quando comparados aos CPs de referência.

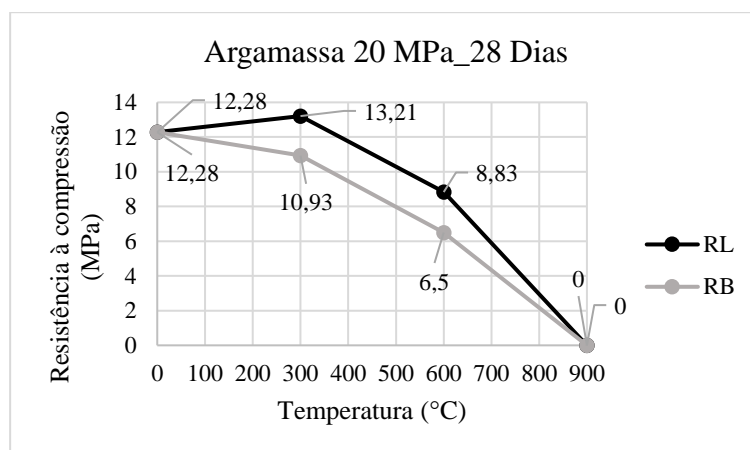
Figura 17 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 20MPa, 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 18), através do método de resfriamento lento, houve um aumento da média de resistência à compressão em 8% para os CPs aquecidos à 300 °C, e uma redução de 28% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, quando comparados aos CPs de referência. Através do método de resfriamento brusco, a redução foi de 11% para os CPs aquecidos à 300 °C, 47% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C, quando comparados aos CPs de referência.

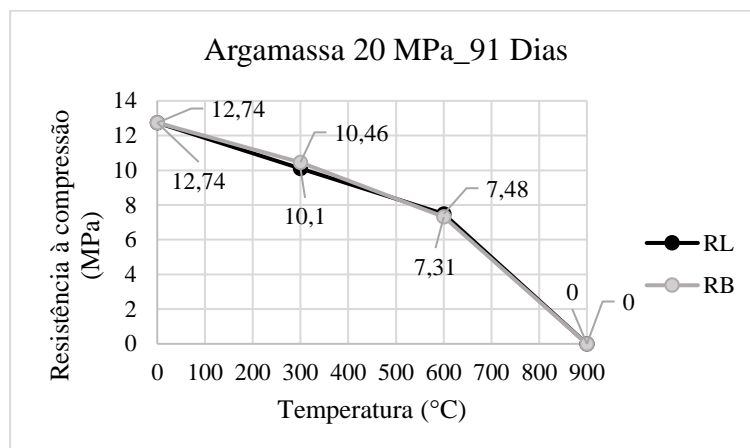
Figura 18 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 20MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Em 91 dias de reidratação (Figura 19), através do método de resfriamento lento quando comparado aos CPs de referência, houve uma redução da média de resistência à compressão dos corpos de prova em 21% para os CPs aquecidos à 300 °C, 41% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Através do método de resfriamento brusco, a redução foi de 18% para os CPs aquecidos à 300 °C, 43% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 19 – Gráfico médias de resistência à compressão argamassa de 20MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Ainda, se comparados os métodos de resfriamento para as mesmas temperaturas e períodos de reidratação a maior redução entre ambos os aspectos foi de 38% para a temperatura de 600 °C, resfriamento brusco em relação a temperatura de 600 °C, resfriamento lento com um dia de reidratação. As temperaturas de 900 °C, não apresentaram alteração nos resultados.

Através do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, foi possível identificar que a resistência à compressão para 1 dia de reidratação, sob o método de resfriamento brusco e lento nas diferentes temperaturas, encontrou-se diferença significativa para todos os tratamentos, com exceção dos resfriamentos bruscos 600 °C e 300 °C, entre resfriamento brusco e lento 600 °C. Além disso, não verificou-se diferença significativa entre os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C. Por último, não encontrou-se diferença significativa entre o resfriamento lento 600 °C e 300 °C.

Para 28 dias de reidratação, entre resfriamentos brusco e lento sob uma variação e temperatura, o resfriamento brusco 300 °C não apresentou diferença significativa entre ele e os CPs de referência, resfriamento lento 300 °C e 600 °C. Também não foi verificado diferença significativa entre ambos resfriamentos 900 °C, assim como os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C.

Aos 91 dias de reidratação, entre resfriamentos lentos e bruscos, submetidos à diversas temperaturas não observou-se diferença significativa apenas entre os resfriamentos brusco e lento 900 °C, brusco e lento 600 °C, brusco e lento 300 °C e entre resfriamento brusco e lento 300 °C com os CPs de referência.

Neste sentido, ao observarmos os resultados obtidos na presente pesquisa referente a resistência à compressão para a argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural de 4, 12 e 20 MPa submetida a altas temperaturas, identificamos que a temperatura e o método de resfriamento possuem influência sobre a mesma. Segundo Rigão *et al.* (2021), a resistência residual para argamassas estruturais quando comparadas a argamassas constituídas apenas de cimento e areia, ao serem submetidas a temperaturas elevadas apresentam maior redução.

Ainda, em concordância com o estudo de Karahan (2011), esta redução de resistência à compressão para argamassas estruturais submetidas a elevadas temperaturas pode estar relacionada ao contato com a umidade ambiente dos CPs originando alterações nos constituintes e assim alterando tal propriedade mecânica. Além disso, temperaturas de aquecimento entre 400 à 1000°C podem modificar a microestrutura das amostras tornando-as mais frágeis, devido ao aumento da evaporação da água, alteração dos hidratos de silicato de cálcio e a degradação do hidróxido de cálcio (FARZADNIA; ALI; DEMIRBOGA, 2013).

4.2 MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO

Os valores médios para módulo de elasticidade estático em MPa, desvio padrão e coeficiente de variação, considerando a resistência nominal, temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação foram descritos baseados nos dados obtidos na presente pesquisa de acordo com cada resistência nominal analisada: 4 MPa (APÊNDICE D), 12 MPa (APÊNDICE E) e 20 MPa (APÊNDICE F). Ainda, observou-se, a relação curva tensão – deformação dos CPs ensaiados, não sendo todos os CPs que foram empregados na análise, pois em alguns o nível de deformação pelo dano gerado foi zero, ou seja, os danos foram tão grandes que os CPs se colapsaram sem que houvesse a possibilidade de realizar os ensaios. Além disso, foram analisados os resultados através dos testes estatísticos ANOVA com *Tukey a posteriori* (5% de significância): 4 MPa (ANEXO J, K e L), 12 MPa (ANEXO M, N e O) e 20 MPa (ANEXO P, Q e R), nos quais os dados obtidos foram normalizados (transformados em logaritmos) e testados com 95% de significância.

4.2.1 Resistência nominal 4 MPa

A tabela 06, apresenta os valores médios para as amostras de argamassa de assentamento para alvenaria estrutural com resistência nominal de 4 MPa. Os resultados demonstraram uma redução da média do módulo de elasticidade estático conforme o aumento da temperatura para ambos os métodos de resfriamento (brusco e lento), assim como para os diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias). A média dos resultados para o módulo de elasticidade estático para as temperaturas de 900 °C nos diferentes períodos de reidratação e métodos de resfriamento, quando comparados aos CPs de referência foi zero.

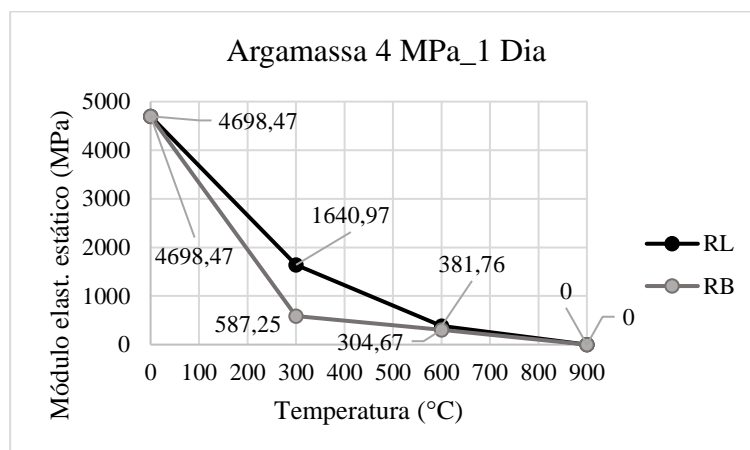
Tabela 06 - Médias módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 4 MPa

Período de Reidratação	Resultados Médios	Tipo de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C
1 Dia	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	4698,47	1640,97	381,76	0,00	587,25	304,67	0,00
	Desvio Padrão	3403,87	683,73	205,46	0,00	223,24	92,85	0,00
	Coeficiente de variação	72,45%	41,67%	53,82%	0,00%	38,01%	30,47%	0,00%
28 Dias	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	3359,41	2358,47	848,65	0,00	2340,36	1233,84	0,00
	Desvio Padrão	757,06	229,61	102,78	0,00	597,06	191,43	0,00
	Coeficiente de variação	22,54%	9,74%	12,11%	0,00%	25,51%	15,52%	0,00%
91 Dias	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	2678,44	1605,36	946,89	0,00	1218,74	717,03	0,00
	Desvio Padrão	108,61	229,74	166,38	0,00	767,92	198,31	0,00
	Coeficiente de variação	4,05%	14,31%	17,57%	0,00%	63,01%	27,66%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 20), quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 65% para os CPs aquecidos à 300 °C, 92% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos a 900 °C. Para o resfriamento brusco, a redução foi de 88% para os CPs aquecidos à 300 °C, 94% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

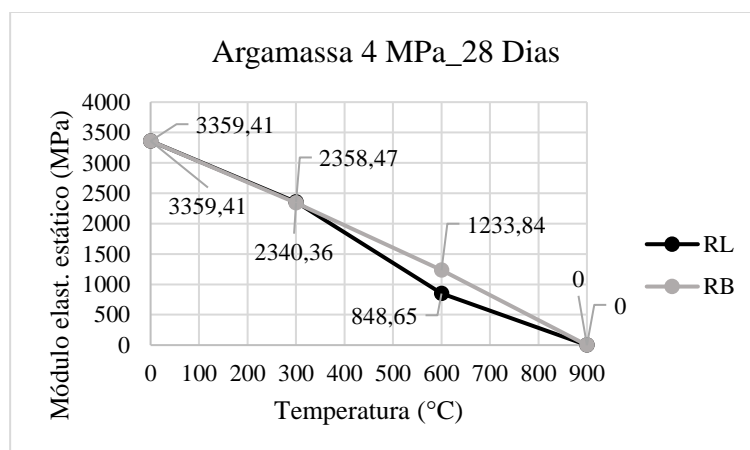
Figura 20 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 4MPa, 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 21), quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve um aumento da média do módulo de elasticidade estático em 30% para os CPs aquecidos à 300 °C, e uma redução de 75% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o método de resfriamento brusco a média dos resultados foi de redução de 30% para os CPs aquecidos a 300 °C, 63% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 21 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 4MPa, 28 dias de reidratação.

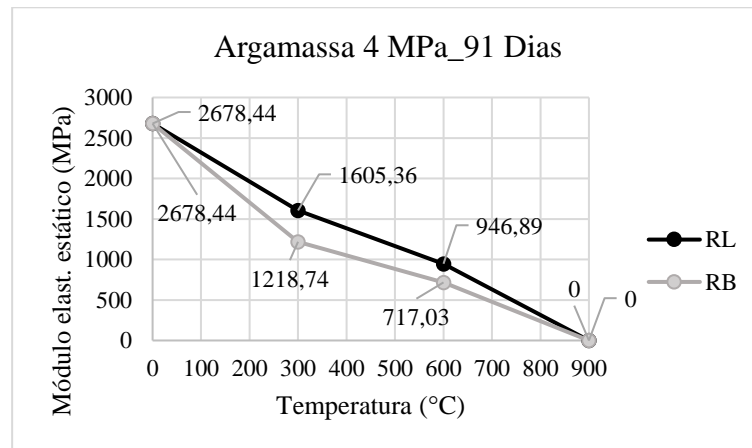


Fonte: Autor, (2023).

Aos 91 dias de reidratação (Figura 22), quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 40% para os CPs aquecidos à 300 °C, 65% para os CPs aquecidos

à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o método de resfriamento brusco, a redução foi de 54% para os CPs aquecidos a 300 °C, 73% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos a 900 °C.

Figura 22 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 4MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

De acordo com tais resultados podemos observar uma relação entre a redução do módulo de elasticidade estático e o aumento da temperatura. Tal propriedade mecânica apresenta um comportamento similar em grande parte para diferentes estudos como de Bamonte, Gambarova e Sciarretta (2021); Andreini, Falco e Sassu (2014); e Fu *et al.* (2004), nos quais a redução deste, de acordo com o aumento da temperatura pode variar entre 50% à 90 % para temperaturas de 500° C, aspecto esse que também foi possível observar de modo geral para temperaturas similares em ambos os métodos de resfriamento desta pesquisa.

Assim como em diferetes materiais cimentícios, as curvas tensão - deformação para argamassa apresentam uma certa similaridade. Inicialmente ocorre um comportamento linear, a perda de linearidade, um pico acentuado, e posteriormente, uma queda acentuada. Deste modo, pode-se observar que argamassas de cal apresentam uma maior ductibilidade em comparação aquela somente de cimento (BAMONTE; GAMBAROVA; SCIARRETTA, 2021).

A relação curva tensão – deformação estão apresentadas nas figuras de 23 à 28. Para estas, foram analisados o comportamento dos CPs para cada temperatura de aquecimento, método de resfriamento e período de reidratação, em que foi identificando

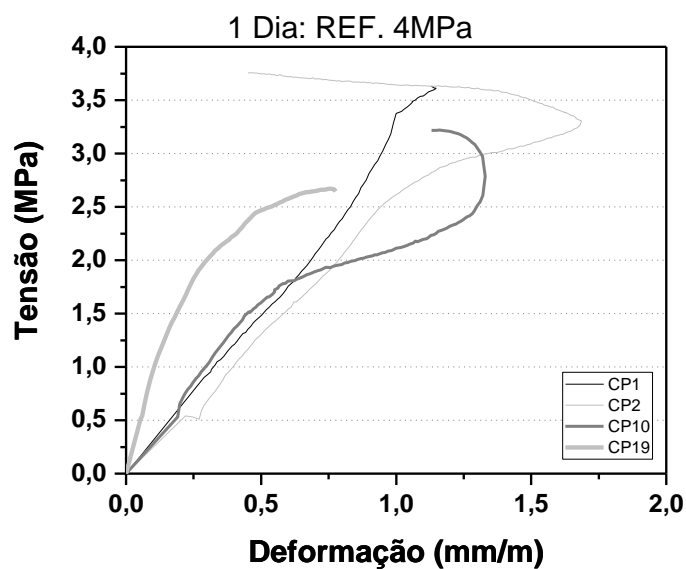
em algumas amostras um comportamento elástico linear e em outras, um comportamento não linear dependendo da situação de aquecimento e resfriamento.

A argamassa pode apresentar ductibilidade a temperaturas de 20, 400 e 600 °C. Porém, a temperatura de 200 °C este comportamento torna-se mais aparente devido provavelmente a perda de água livre na amostra e o início de perda de água de ligação, tornando a mesoestrutura mais frágil e porosa afetando diretamente a argamassa, o que para temperaturas mais elevadas predominam outros fatores de interferência (BAMONTE; GAMBAROVA; SCJARRETTA, 2021).

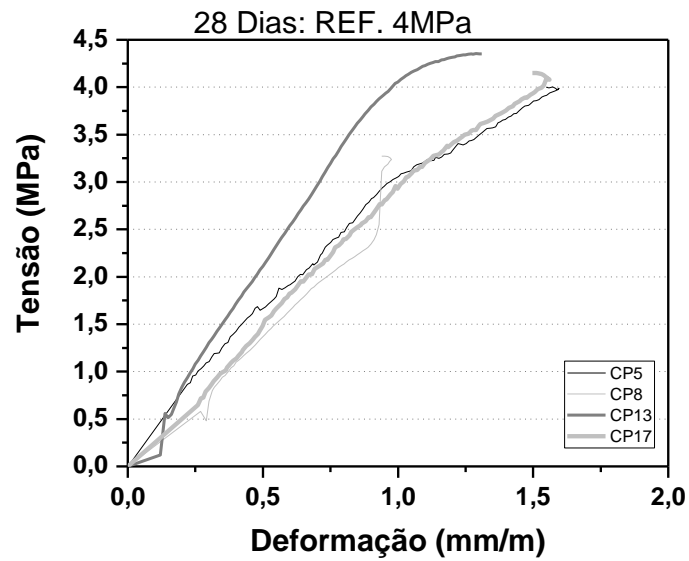
Na figura 23, tem-se as curvas tensão - deformação para os CPs de referência de 1, 28 e 91 dias de reidratação.

Figura 23 - Curvas tensão – deformação CPs de referência (4MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

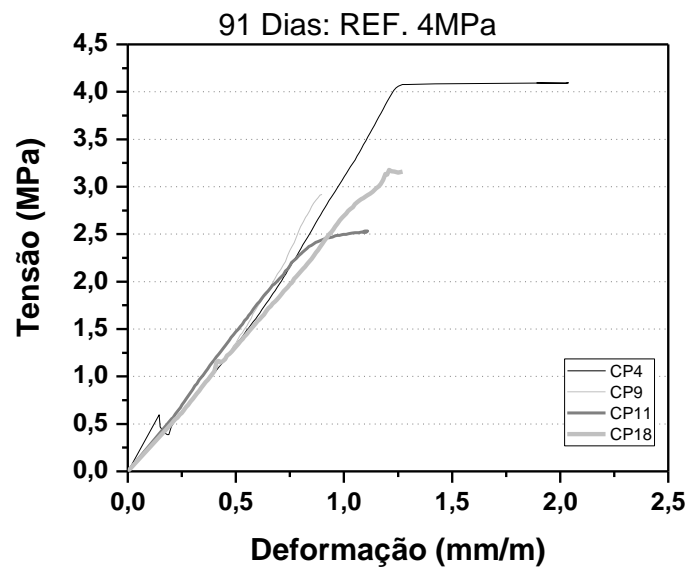
a)



b)



c)

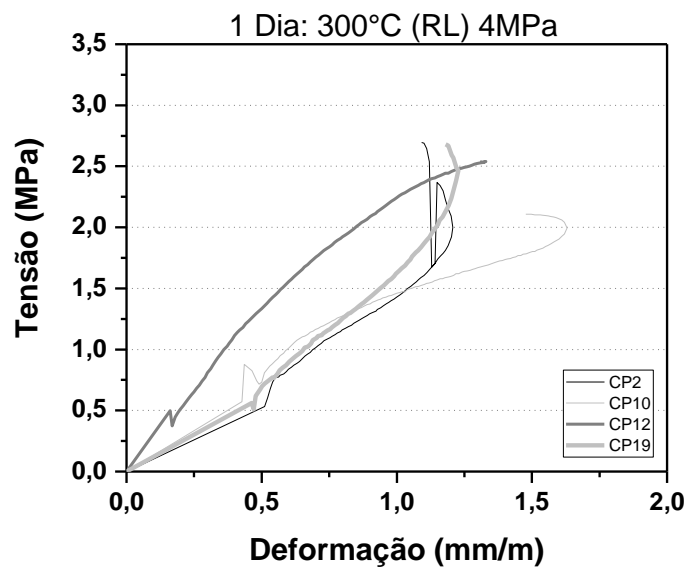


Fonte: Autor, (2022).

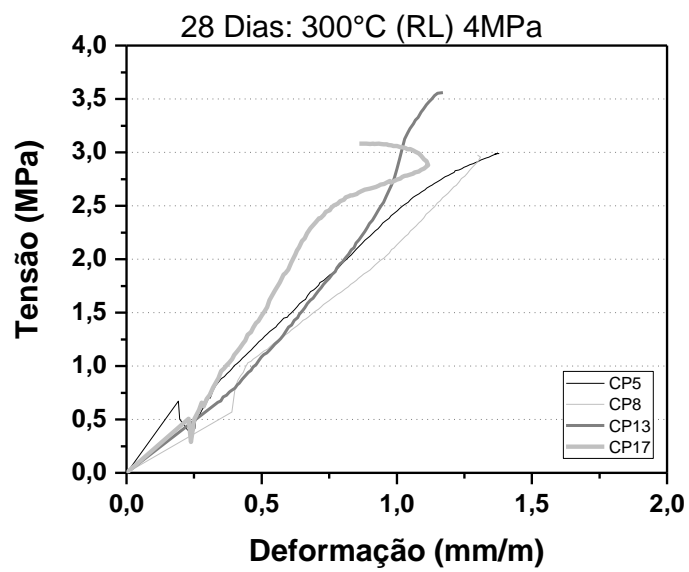
Tal comportamento repete-se para os demais corpos de prova ensaiados. Assim, conforme as figuras 24 e 25, estão dispostas as curvas tensão – deformação para as temperaturas de 300 °C. Para estas pode-se observar que para a temperatura de 300 °C (RB) com 91 dias de reidratação, ocorreu uma menor deformação dos corpos de prova em relação as demais amostras ensaiadas.

Figura 24 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300°C (RL) (4MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

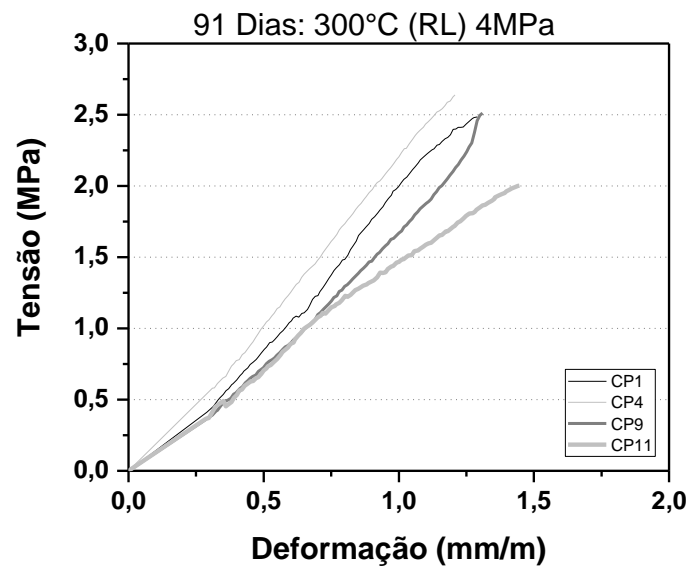
a)



b)



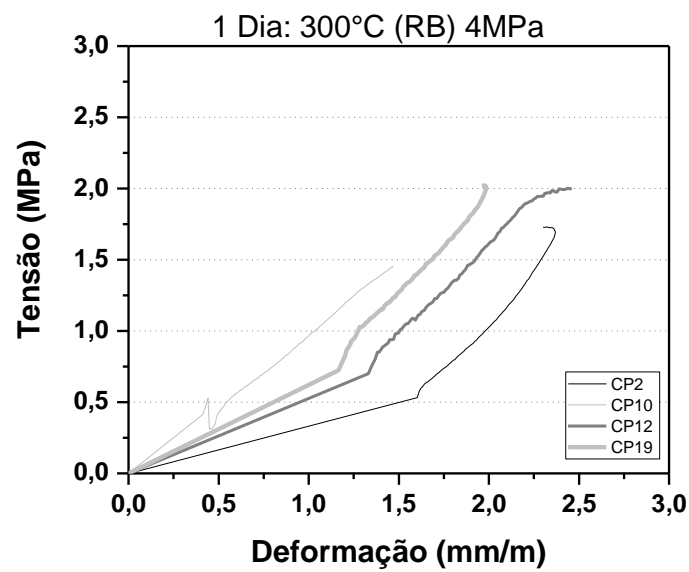
c)



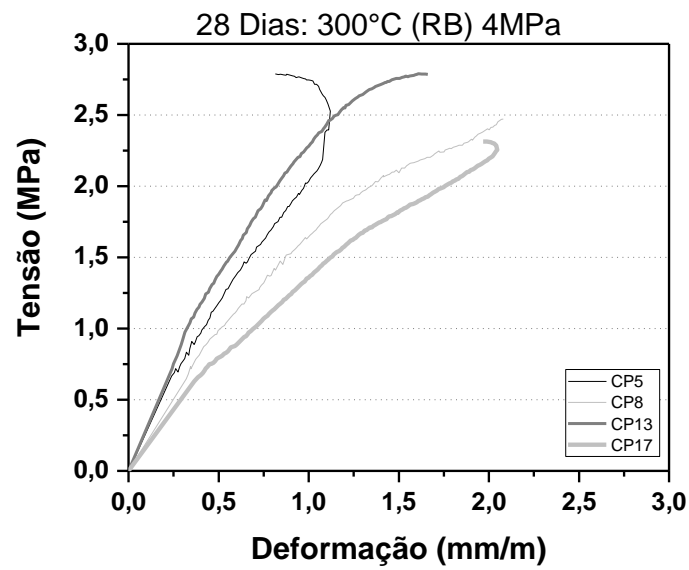
Fonte: Autor, (2022).

Figura 25 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300°C (RB) (4MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

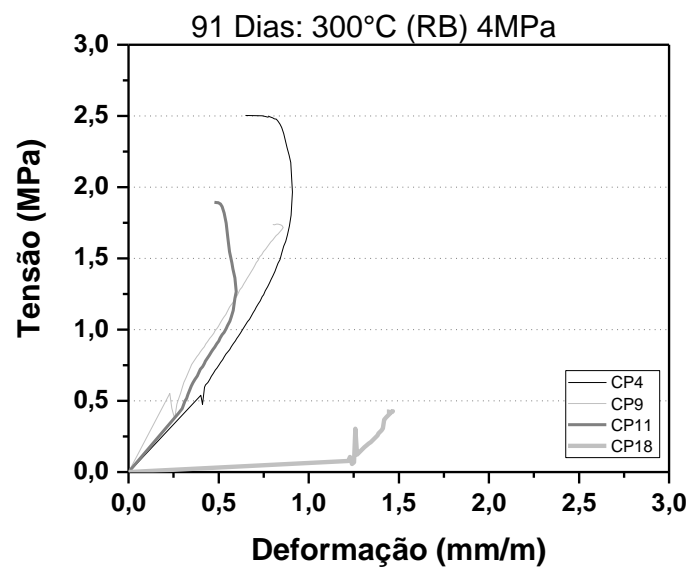
a)



b)



c)

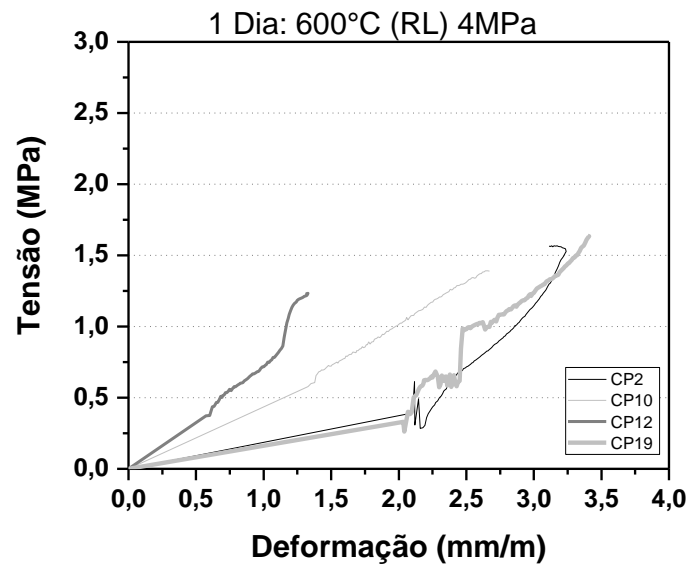


Fonte: Autor, (2022).

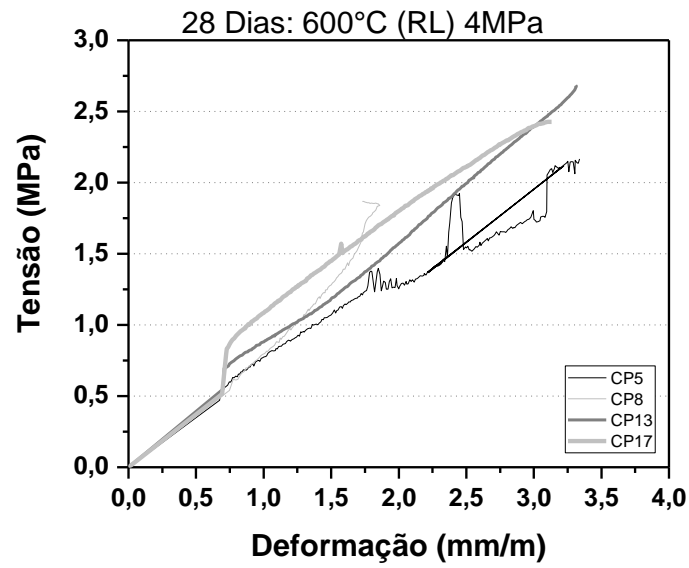
Os corpos de prova aquecidos à 600 °C (figura 26 e 27), em ambos os métodos de resfriamento e períodos de reidratação apresentaram uma maior deformação dos CPs em relação as demais amostras ensaiadas com diferentes temperaturas.

Figura 26 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600°C (RL) (4MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

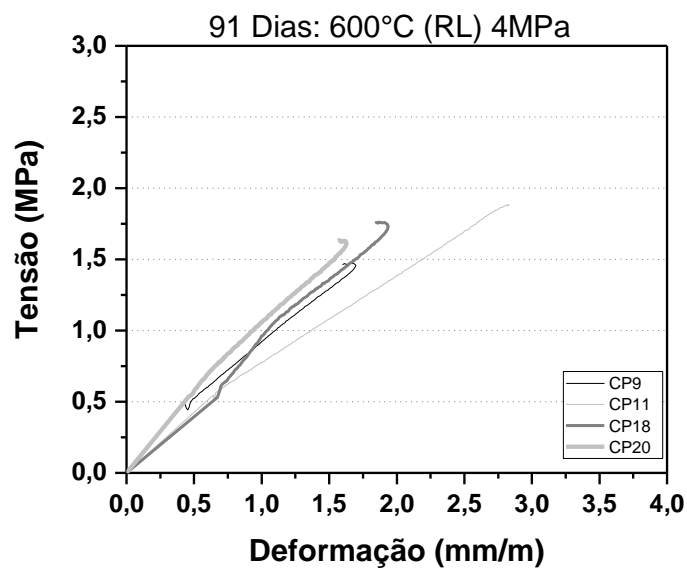
a)



b)



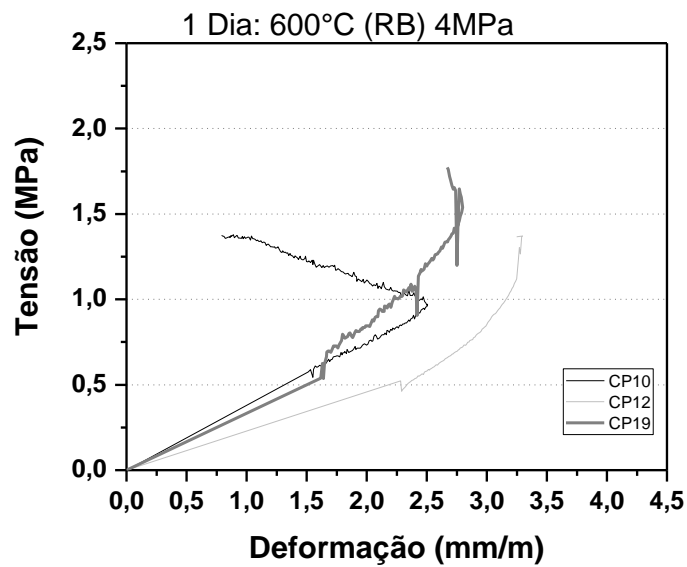
c)



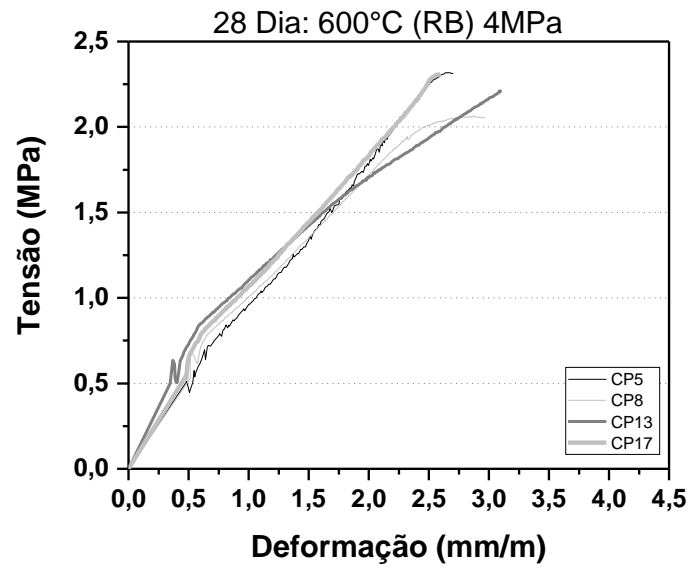
Fonte: Autor, (2022).

Figura 27 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600°C (RB) (4MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

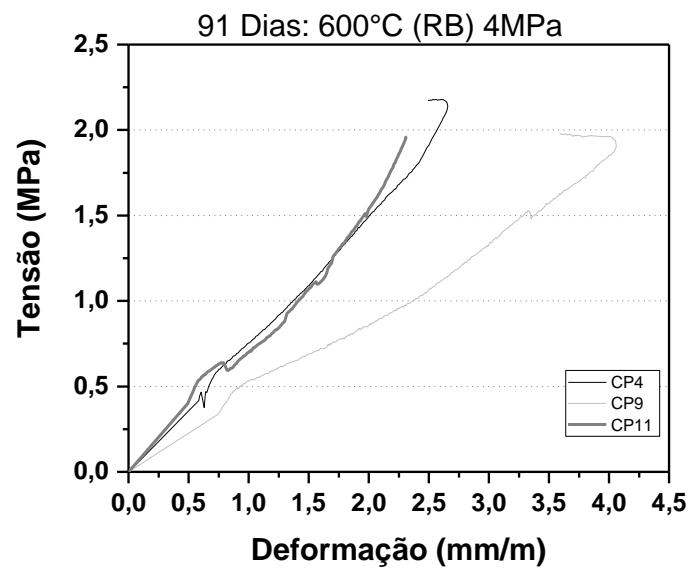
a)



b)



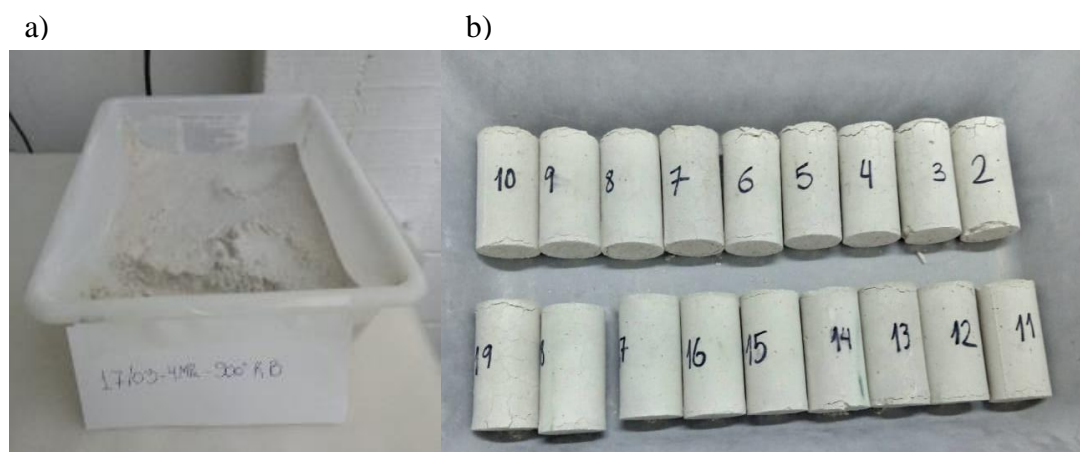
c)



Fonte: Autor, (2022).

Para os corpos de prova aquecidos à 900 °C tanto com método de resfriamento brusco, quanto resfriamento lento (Figura 28), não foi possível a realização dos gráficos, pois os mesmos não estavam aptos para serem ensaiados após o aquecimento e resfriamento.

Figura 28 - Corpos de prova (4MPa), 900 °C método de resfriamento brusco (a) e lento (b).



Fonte: Autor, (2021).

Ao analisar o módulo de elasticidade estático, para a argamassa com resistência nominal de 4 MPa através do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, com 1 dia de reidratação, sob diferentes temperaturas de aquecimento e métodos de resfriamento, encontrou-se diferença significativa entre todas as temperaturas com os CPs submetidos à 900 °C, com exceção entre resfriamento brusco e resfriamento lento à 900 °C, pois ambos tiveram os mesmos resultados. Já, os corpos de prova de referência não apresentaram diferença significativa entre as temperaturas de 300 °C, independentemente do método de resfriamento e entre o resfriamento lento à 600°C.

Em 28 dias de reidratação, sob diferentes temperaturas e métodos de resfriamento, encontrou-se diferença significativa para o módulo de elasticidade estático entre todas as temperaturas e entre os diferentes métodos de resfriamento, menos entre as temperaturas de 900 °C resfriamento brusco e 600 °C resfriamento lento e entre resfriamento brusco e lento em 600 °C e para o resfriamento lento à 900 °C.

O modo de elasticidade estático para 91 dias, entre os diferentes métodos de resfriamento e temperaturas de aquecimento, encontrou-se diferenças significativas entre as temperaturas de 900 °C e todas as demais temperaturas e com os dois métodos de resfriamento, com exceção entre a temperatura de 900 °C e 600 °C resfriamento brusco. Também, verificou-se diferença significativa entre o resfriamento brusco de 600 °C e resfriamento lento dos CPs de referência, e na temperatura de 600 °C e entre resfriamento brusco de 600 °C e resfriamento lento de 300 °C. Foi observado diferença significativa entre 300 °C resfriamento brusco, com os CPs de referência. O resfriamento lento para

amostras de referência apresentou diferença significativa entre resfriamento lento de 300 °C e 600 °C.

4.2.2 Resistência nominal 12 MPa

A tabela 07, apresenta os valores médios do módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação em MPa para as amostras de argamassa de assentamento para alvenaria estrutural com resistência nominal de 12 MPa. Os resultados demonstraram uma redução da média do módulo de elasticidade estático conforme o aumento da temperatura para ambos os métodos de resfriamento (brusco e lento), assim como para os diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias), com exceção da temperatura de 300 °C (RL), em que houve um aumento de 20% no módulo de elasticidade estático. A média dos resultados para o módulo de elasticidade estático para as temperaturas de 900 °C nos diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias), e métodos de resfriamento (brusco e lento), quando comparados aos CPs de referência foi zero.

Tabela 07 - Médias módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 12 MPa

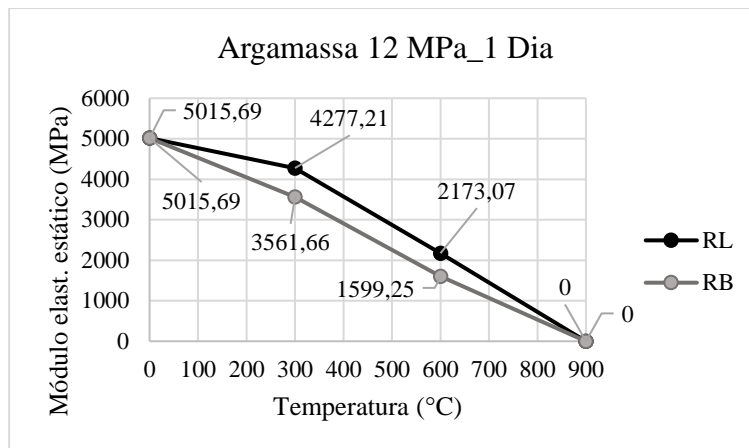
Período de Reidratação	Resultados Médios	Tipo de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C
1 Dia	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	5015,69	4277,21	2173,07	0,00	3561,66	1599,25	0,00
	Desvio Padrão	973,82	1011,24	75,39	0,00	283,57	400,45	0,00
	Coeficiente de variação	19,42%	23,64%	3,47%	0,00%	7,96%	25,04%	0,00%
28 Dias	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	8610,47	10303,05	1850,05	0,00	3495,36	1601,50	0,00
	Desvio Padrão	1834,66	4667,49	401,65	0,00	502,89	216,82	0,00
	Coeficiente de variação	21,31%	45,30%	21,71%	0,00%	14,39%	13,54%	0,00%
91 Dias	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	6604,50	3871,03	3271,38	0,00	3775,74	1687,61	0,00
	Desvio Padrão	3512,20	766,18	1464,71	0,00	1112,09	368,68	0,00
	Coeficiente de variação	53,18%	19,79%	44,77%	0,00%	29,45%	21,85%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 29) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 15% para os CPs aquecidos à 300 °C, 57% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o resfriamento brusco, a redução

foi de 29% para os CPs aquecidos a 300 °C, 68% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

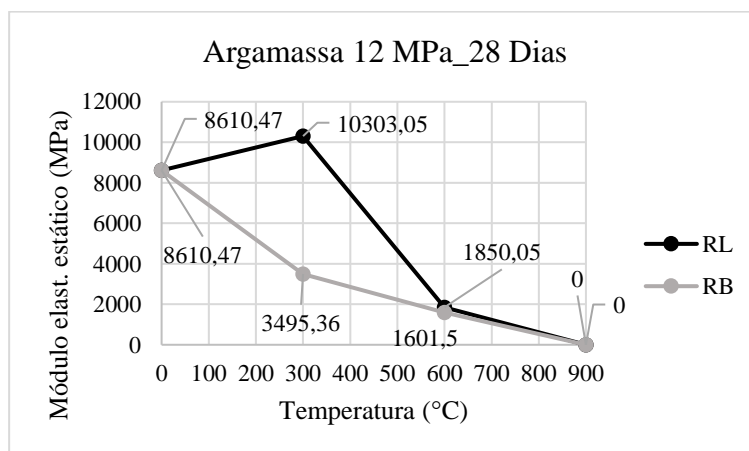
Figura 29 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 12MPa, 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 30) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve um aumento da média do módulo de elasticidade estático em 20% para os CPs aquecidos à 300 °C, e uma redução de 79% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o método de resfriamento brusco a média dos resultados foi de redução de 59% para os CPs aquecidos a 300 °C, 81% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

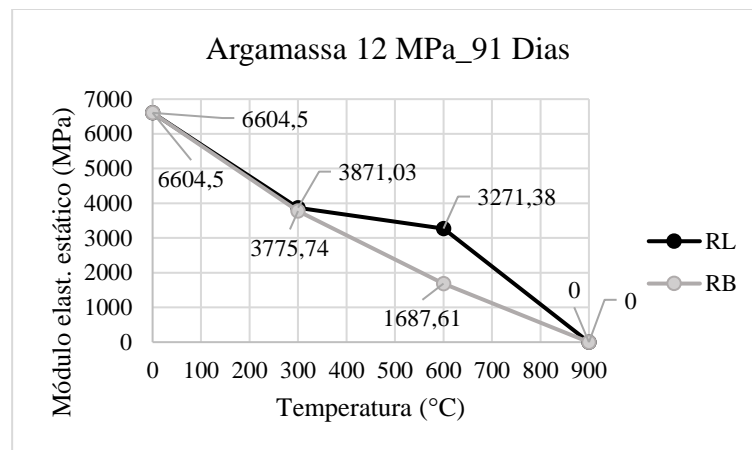
Figura 30 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 12MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 91 dias de reidratação (Figura 31) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 41% para os CPs aquecidos à 300 °C, 50% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o método de resfriamento brusco, a redução foi de 43% para os CPs aquecidos à 300 °C, 74% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 31 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 12MPa, 91 dias de reidratação.

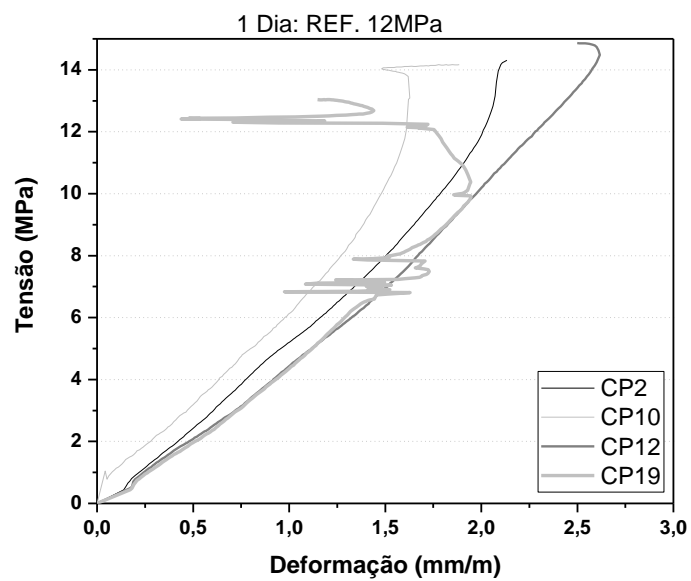


Fonte: Autor, (2023).

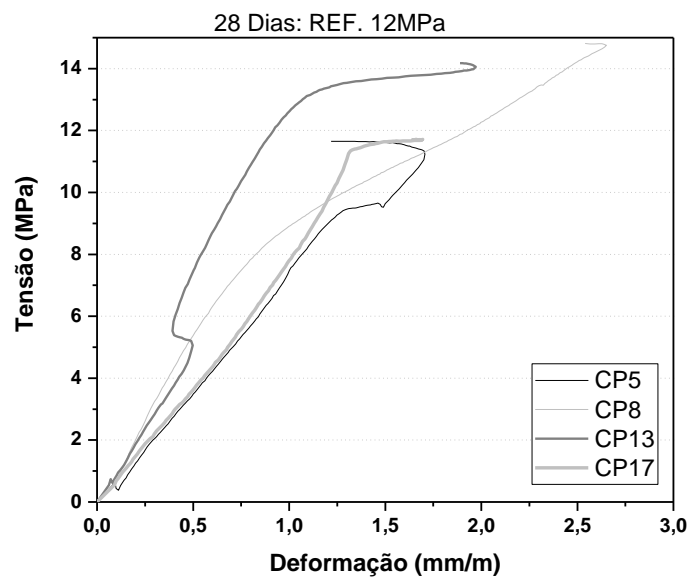
As figuras 32 à 37 apresentam a relação curva tensão – deformação nas quais, foram analisados o comportamento dos CPs para cada temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação, em que foi identificando em algumas amostras um comportamento elástico linear e em outras, um comportamento não linear dependendo da situação de aquecimento e resfriamento.

Figura 32 - Curvas tensão – deformação CPs de referência (12MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

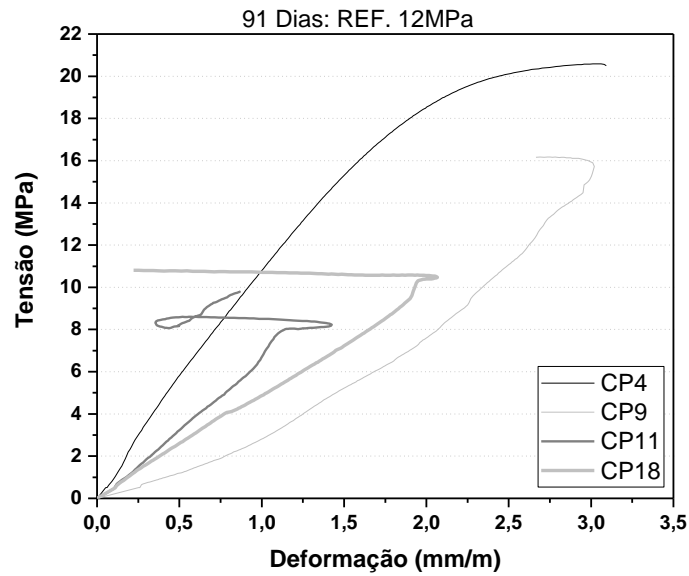
a)



b)



c)

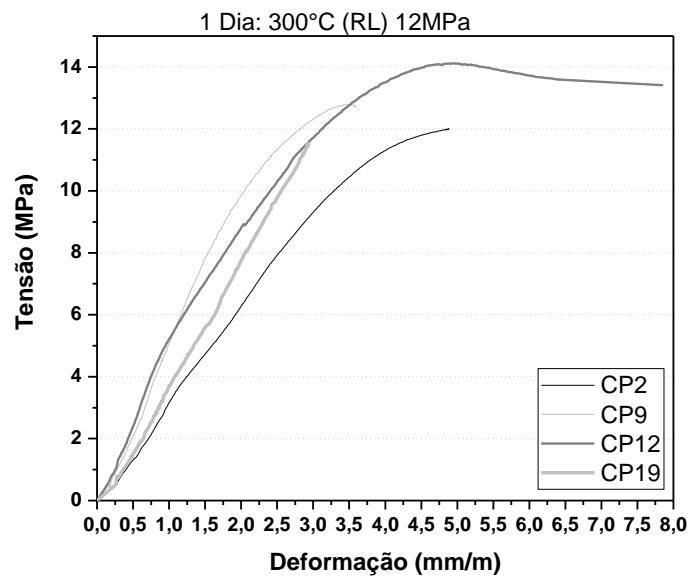


Fonte: Autor, (2022).

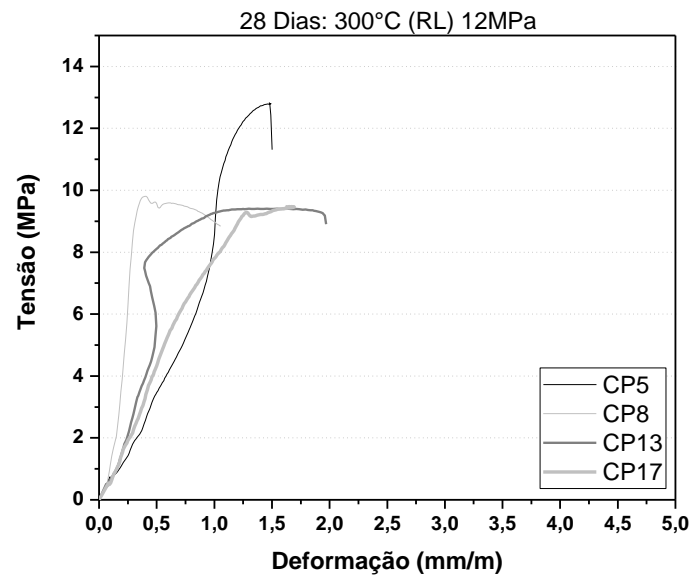
Para os CPs aquecidos a temperatura de 300 °C (RL) (Figura 33) com 28 dias de reidratação, observou-se uma menor deformação dos mesmos em relação as demais amostras ensaiadas nos diferentes períodos de reidratação e temperaturas de aquecimento.

Figura 33 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RL) (12MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

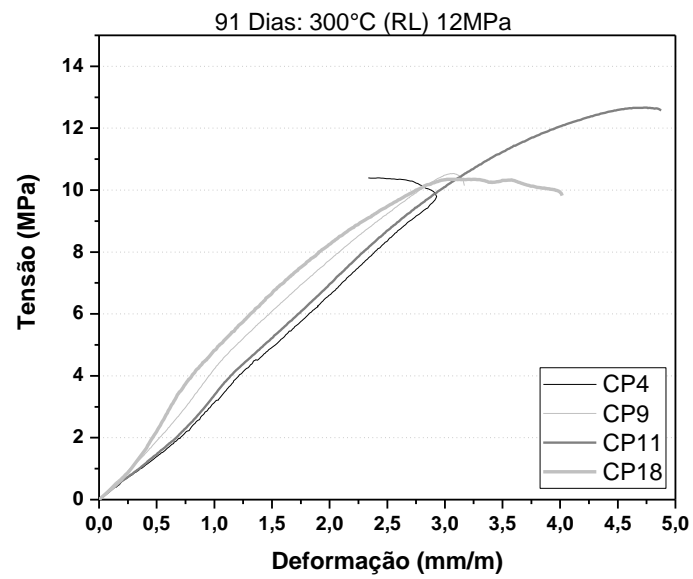
a)



b)



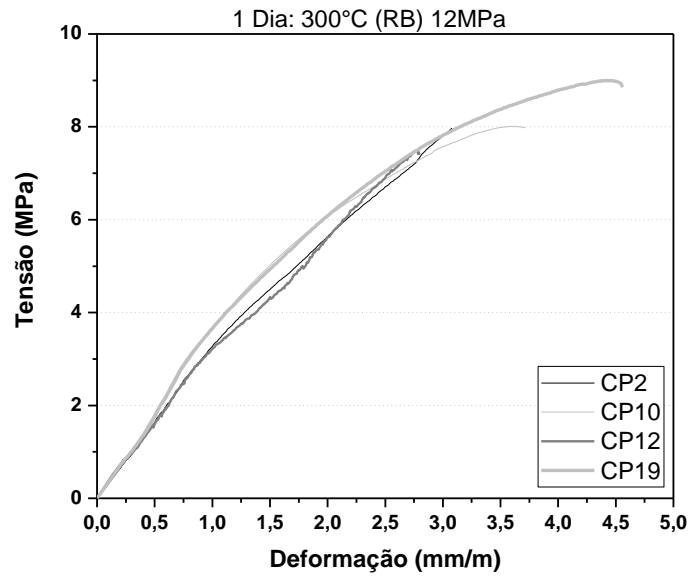
c)



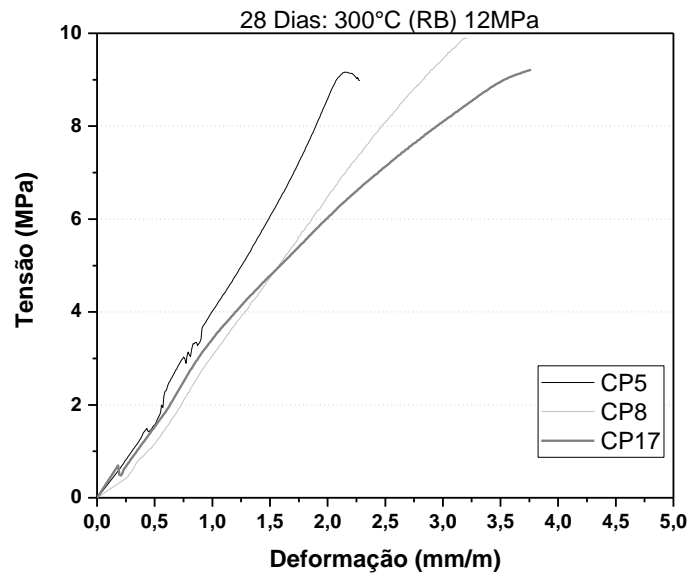
Fonte: Autor, (2022).

Figura 34 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RB) (12MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

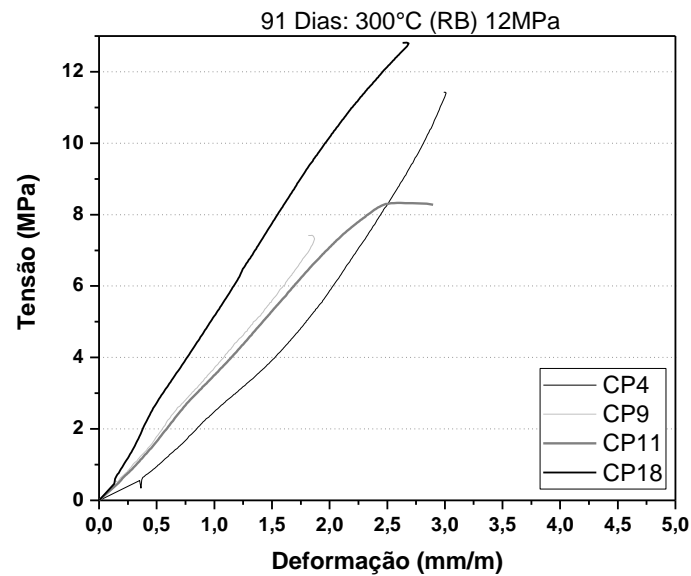
a)



b)



c)

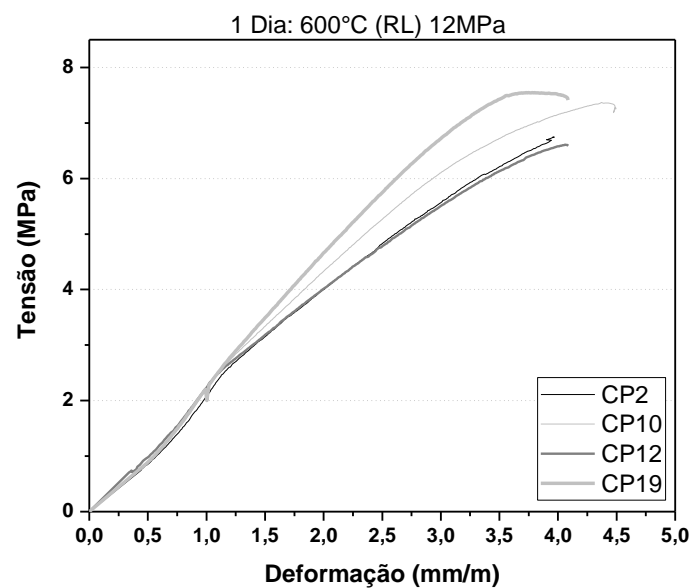


Fonte: Autor, (2022).

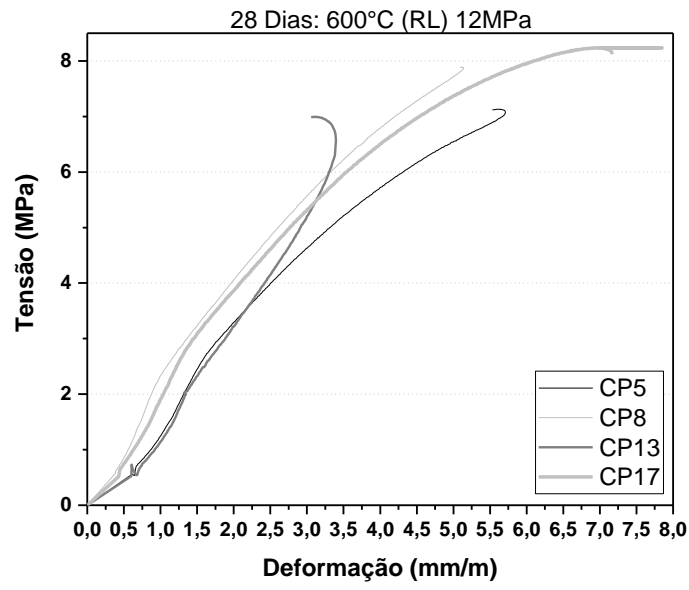
A temperatura de 600 °C (RL) (Figura 35) com 28 dias de reidratação, observou-se uma maior deformação na média dos corpos de prova em relação as demais amostras ensaiadas nos diferentes períodos de reidratação e temperaturas de aquecimento.

Figura 35 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RL) (12MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

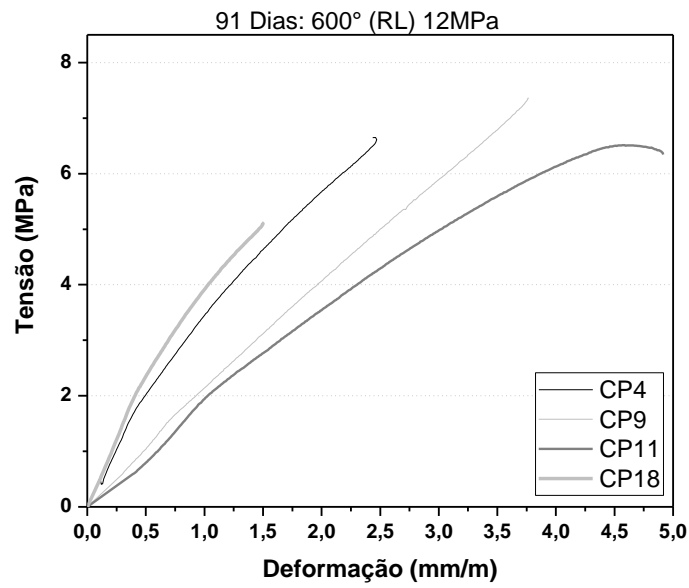
a)



b)



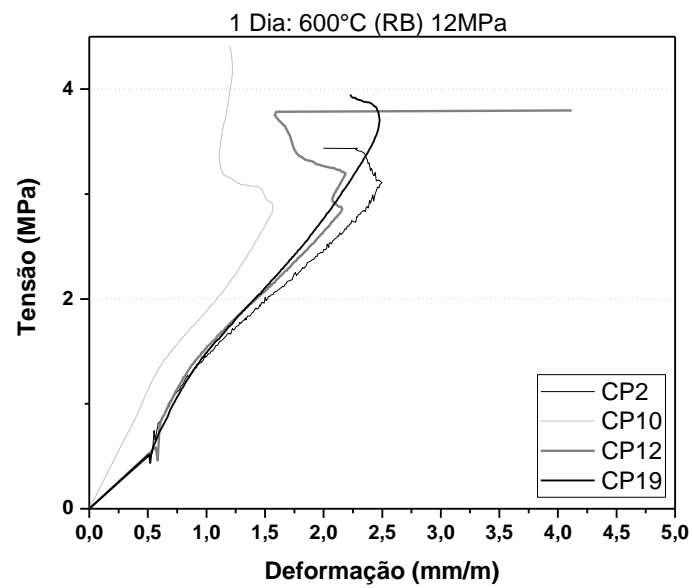
c)



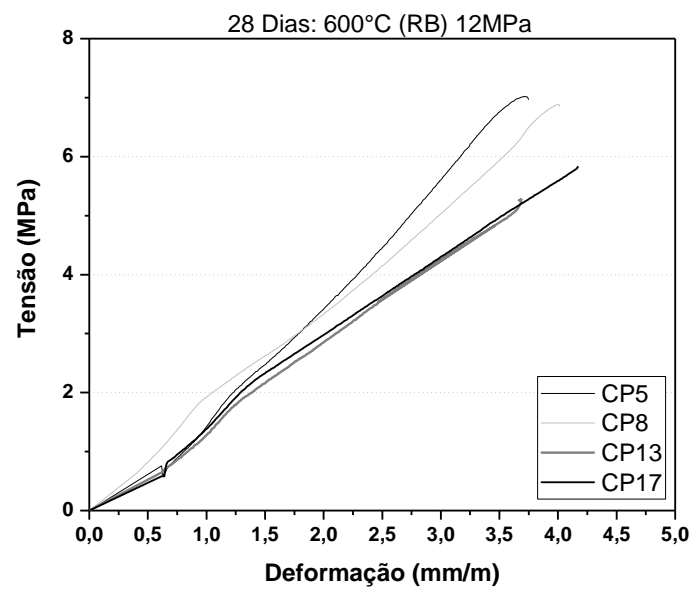
Fonte: Autor, (2022).

Figura 36 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RB) (12MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

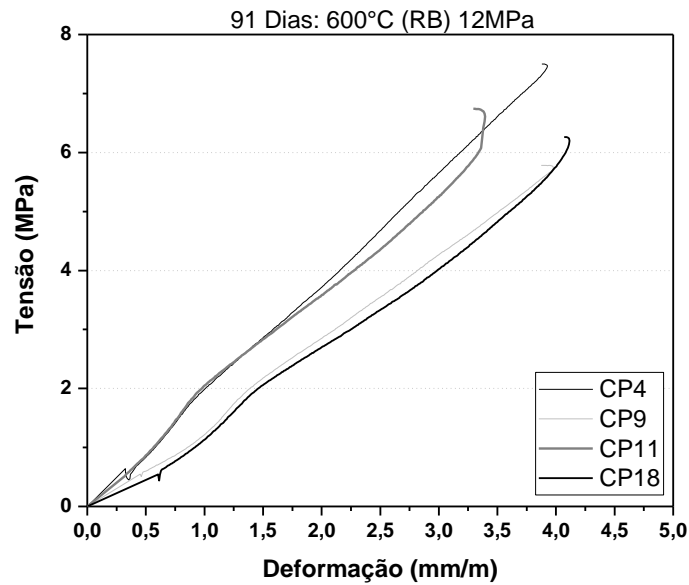
a)



b)



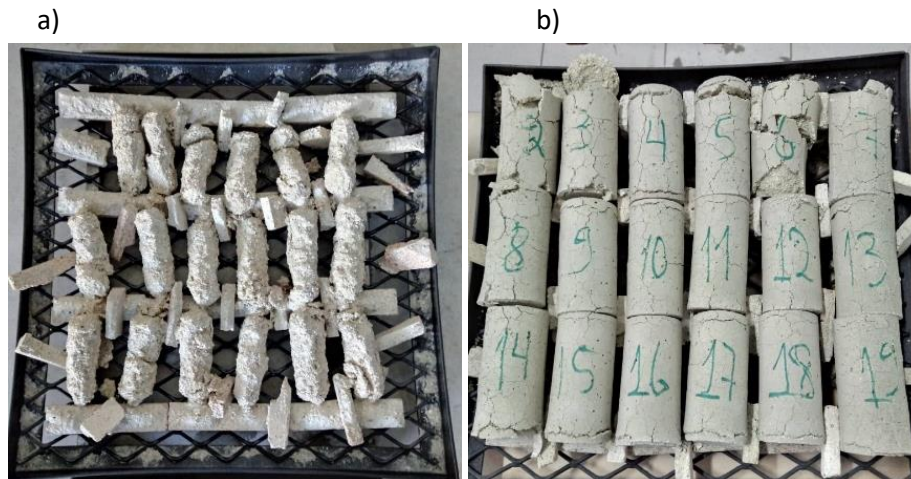
c)



Fonte: Autor, (2022).

Os corpos de prova aquecidos à 900 °C e resfriados pelo método de resfriamento brusco e resfriamento lento (figura 37), não foram realizados os gráficos, pois os mesmos não estavam aptos para serem ensaiados após o aquecimento e resfriamento.

Figura 37 - Corpos de prova (12 MPa), 900 °C método de resfriamento brusco (a) e lento (b).



Fonte: Autor, (2021).

Por meio do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, foi possível analisar o módulo de elasticidade estático para os CPs de resistência nominal de 12 MPa. Com 1 dia de reidratação, para o método de resfriamento lento e resfriamento brusco, verificou-se

diferença significativa para todos tratamentos, com exceção do resfriamento brusco 900 °C e resfriamento lento, mesma temperatura, e os CPs de referência. Para o resfriamento brusco 600 °C apenas não foi encontrada diferença significativa entre ele e resfriamento lento, na mesma temperatura. Para resfriamento brusco 300 °C, apenas não houve diferença significativa entre ele e os CPs de referência e o resfriamento lento 300 °C. Também não encontrou-se diferença entre os CPs de referência e resfriamento lento à 300 °C.

Aos 28 dias de reidratação, verificou-se diferença significativa no módulo de elasticidade estática entre todas as temperaturas e métodos de resfriamento, com exceção apenas entre resfriamento brusco e lento 900 °C; entre resfriamento brusco e lento 600 °C e entre os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C.

Para 91 dias de reidratação, as diferenças significativas reduziram-se. Não foi encontrado diferença significativa entre os métodos de resfriamento brusco e lento 900 °C, entre resfriamento brusco e lento 600 °C, entre resfriamento brusco 300 °C e os CPs de referência, resfriamento lento 300 °C e 600 °C, e entre os CPs de referência e resfriamento lento 600 °C e 300 °C. Também não encontrou-se diferença significativa entre resfriamento lento 600 °C e 300 °C.

4.2.3 Resistência nominal 20 MPa

A tabela 08, apresenta os valores médios do módulo de elasticidade estático em MPa, desvio padrão e coeficiente de variação para as amostras de argamassa de assentamento para alvenaria estrutural com resistência nominal de 20 MPa. Os resultados demonstraram uma redução da média do módulo de elasticidade estático conforme o aumento da temperatura para ambos os métodos de resfriamento (brusco e lento), assim como para os diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias).

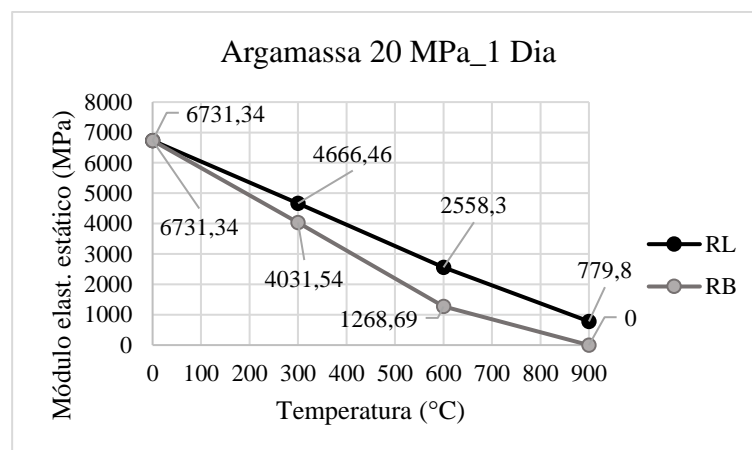
Tabela 08 - Médias módulo de elasticidade estático, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 20 MPa

Período de Reidratação	Resultados Médios	Tipo de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C
1 Dia	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	6731,34	4666,46	2558,30	779,80	4031,54	1268,69	0,00
	Desvio Padrão	1100,23	664,17	466,03	162,76	986,39	657,92	0,00
	Coeficiente de variação	16,34%	14,23%	18,22%	20,87%	24,47%	51,86%	0,00%
28 Dias	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	6547,66	3591,70	2580,44	0,00	4914,73	1889,10	0,00
	Desvio Padrão	1053,07	1645,34	445,67	0,00	1548,23	319,98	0,00
	Coeficiente de variação	16,08%	45,81%	17,27%	0,00%	31,50%	16,94%	0,00%
91 Dias	Módulo de Elasticidade Estático (MPa)	8782,69	6194,49	3118,20	0,00	6235,48	3037,97	0,00
	Desvio Padrão	3414,86	3602,07	1017,81	0,00	4129,97	618,26	0,00
	Coeficiente de variação	38,88%	58,15%	32,64%	0,00%	66,23%	20,35%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 38) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 31% para os CPs aquecidos à 300 °C, 62% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 88% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o resfriamento brusco, a redução foi de 40% para os CPs aquecidos à 300 °C, 81% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 38 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 20MPa, 1 dia de reidratação.

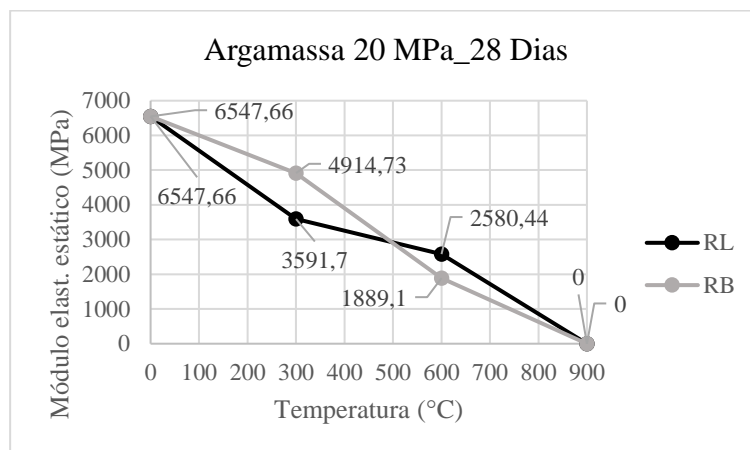


Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 39) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 45 % para os CPs aquecidos à 300 °C, e uma redução de 61%

para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o método de resfriamento brusco a média dos resultados foi de redução de 25% para os CPs aquecidos à 300 °C, 71% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

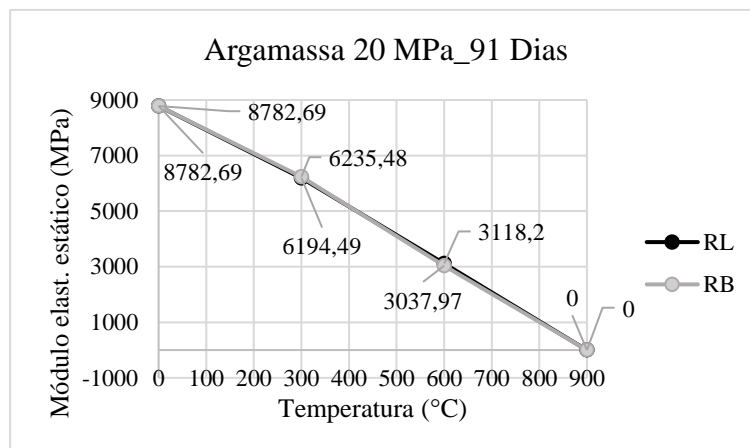
Figura 39 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 20MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 91 dias de reidratação (Figura 40) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade estático em 29% para os CPs aquecidos à 300 °C, 64% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C. Para o método de resfriamento brusco, a redução foi de 29% para os CPs aquecidos à 300 °C, 65% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 40 – Gráfico médias módulo de elasticidade estático argamassa de 20MPa, 91 dias de reidratação.

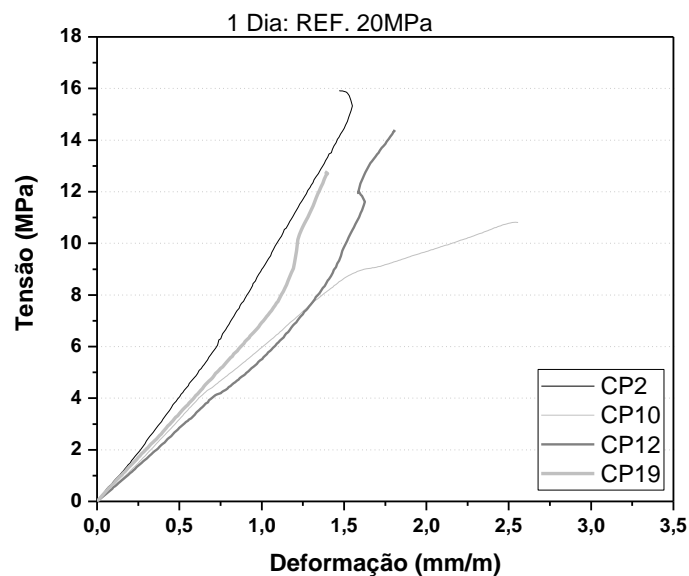


Fonte: Autor, (2023).

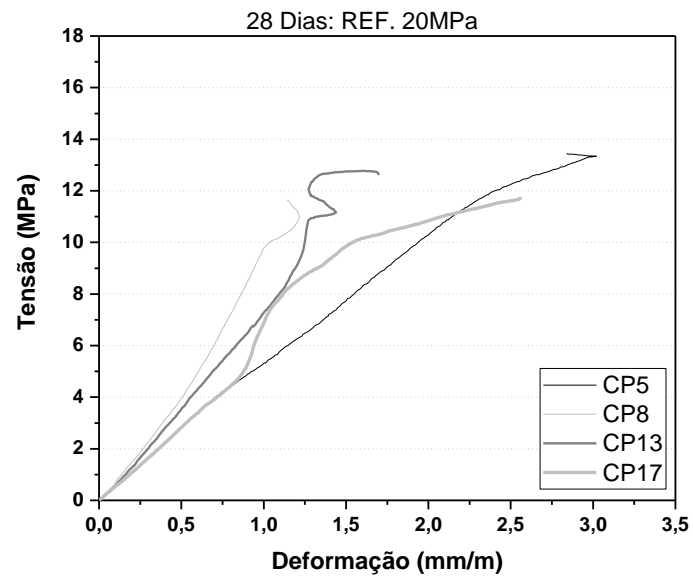
As figuras 41 à 47 apresentam a relação curva tensão – deformação nas quais, foram analisados o comportamento dos CPs para cada temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação, em que foi identificando em algumas amostras um comportamento elástico linear e em outras, um comportamento não linear dependendo da situação de aquecimento e resfriamento. Para a média dos corpos de prova de referência com 91 dias de reidratação e os CPs aquecidos à temperatura de 300 °C (RL) com 1 dia de reidratação, observou-se uma menor deformação dos mesmos em relação as demais amostras ensaiadas nos diferentes períodos de reidratação e temperaturas de aquecimento.

Figura 41 - Curvas tensão – deformação CPs de referência (20MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

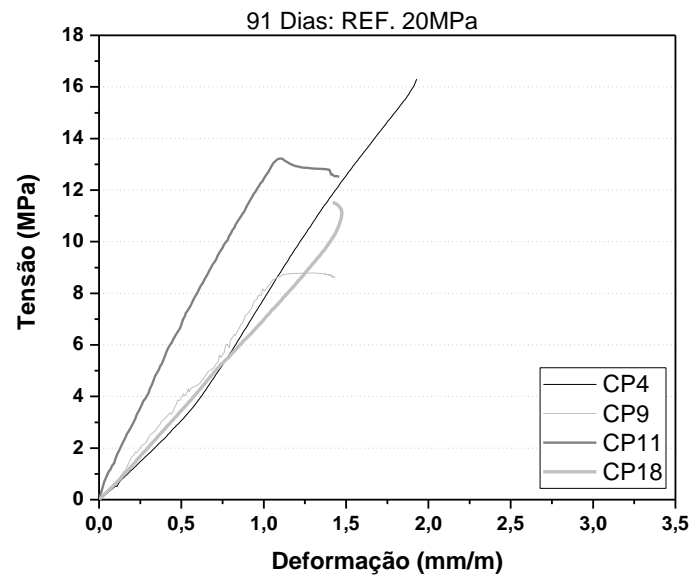
a)



b)



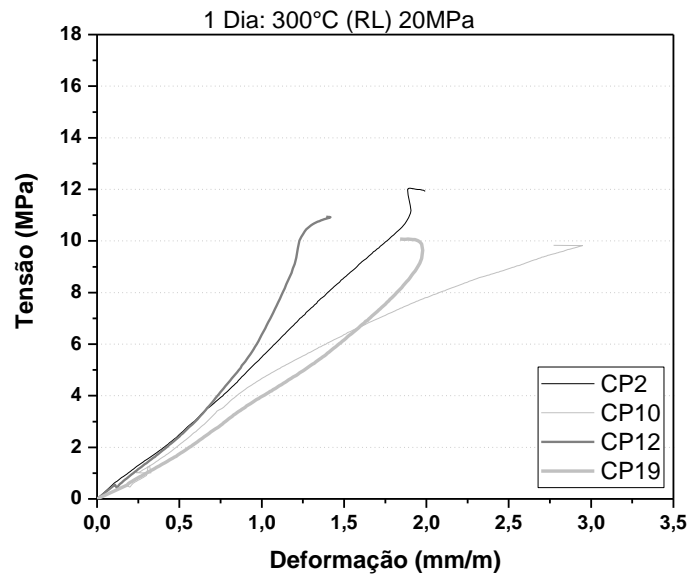
c)



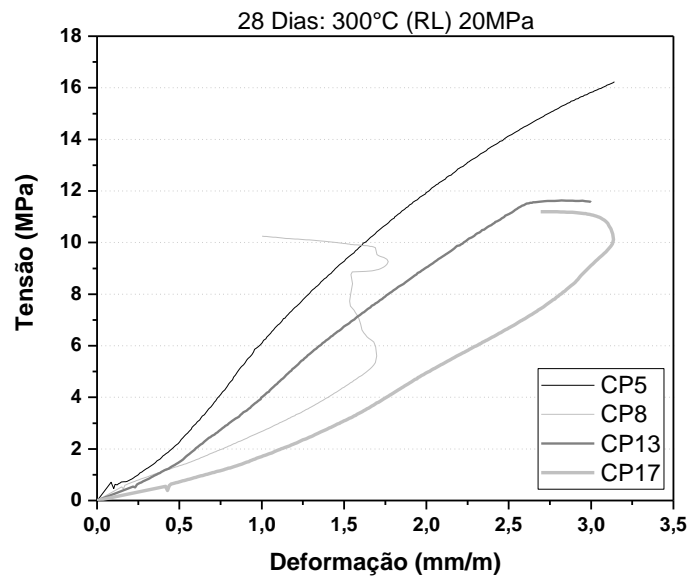
Fonte: Autor, (2022).

Figura 42 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RL) (20MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

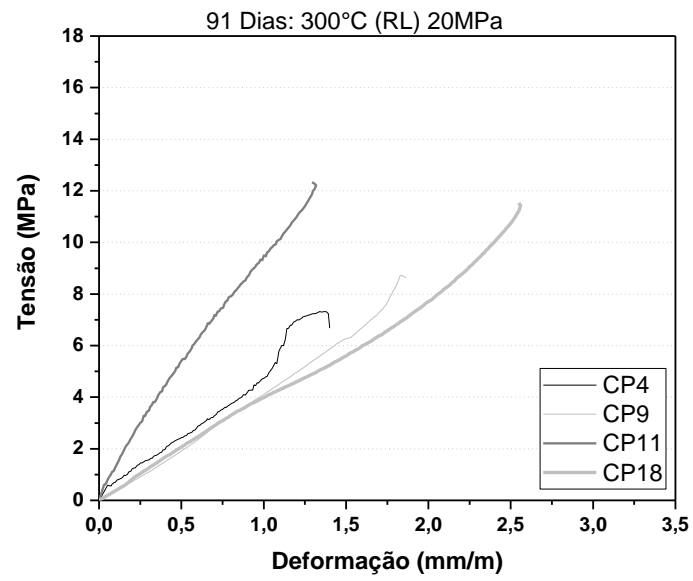
a)



b)



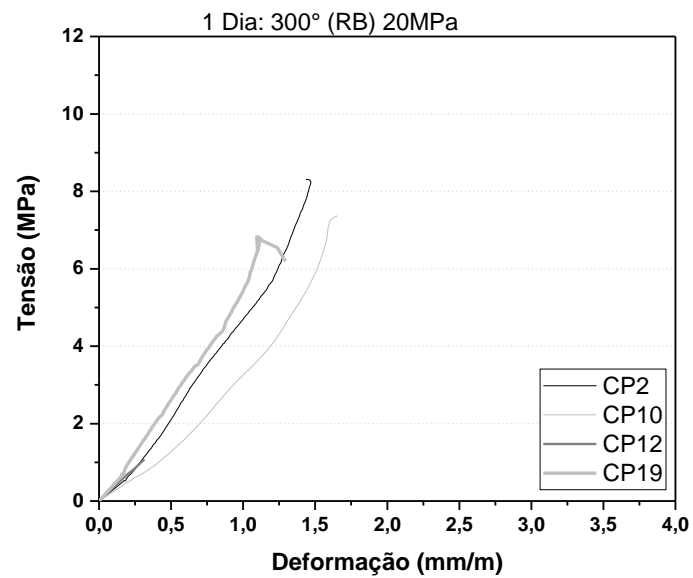
c)



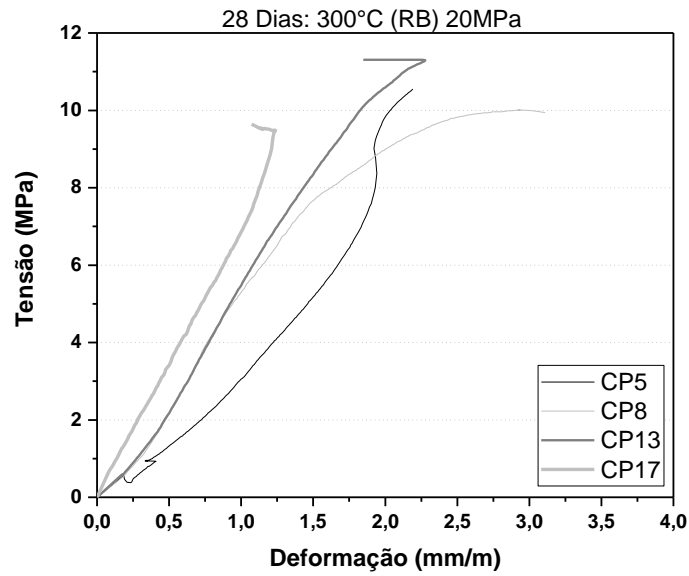
Fonte: Autor, (2022).

Figura 43 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 300 °C (RB) (20MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

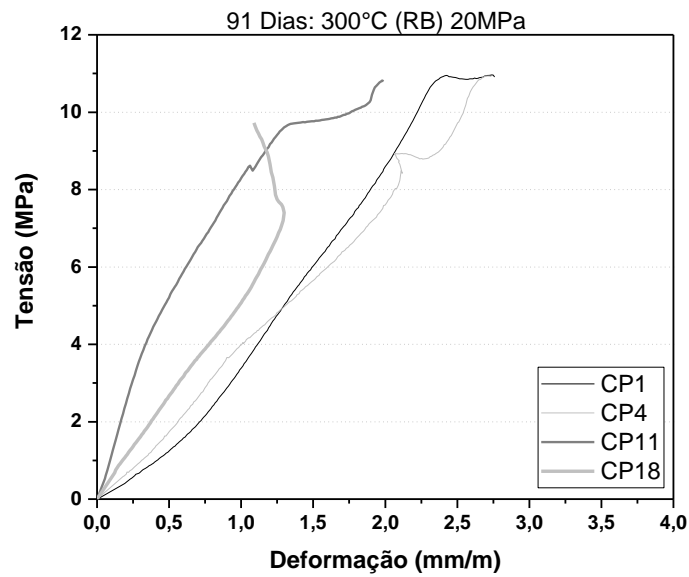
a)



b)



c)

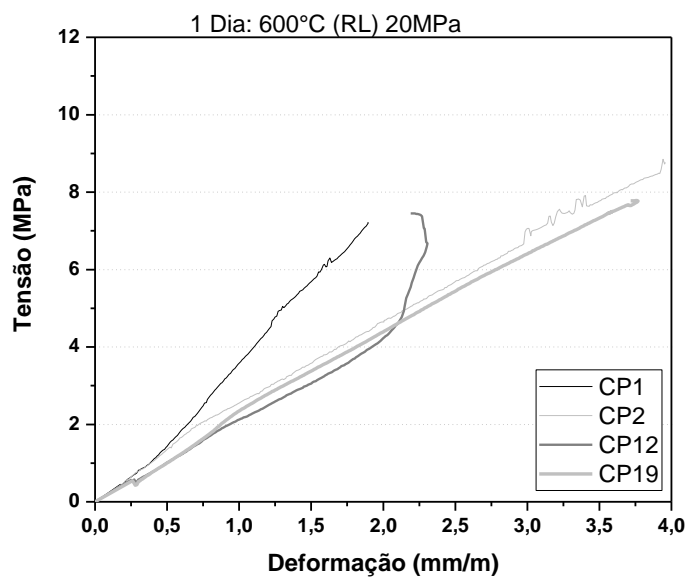


Fonte: Autor, (2022).

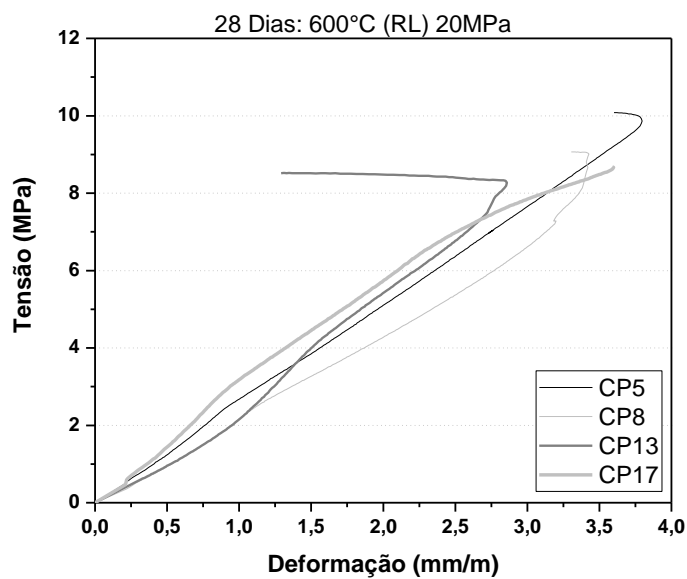
A média dos corpos de prova aquecidos à temperatura de 600 °C (RL) (Figura 44) com 28 dias de reidratação, 600 °C (RB) (Figura 45) com 1 e 28 dias de reidratação, observou-se uma maior deformação dos mesmos em relação as demais amostras ensaiadas nos diferentes períodos de reidratação e temperaturas de aquecimento.

Figura 44 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RL) (20MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

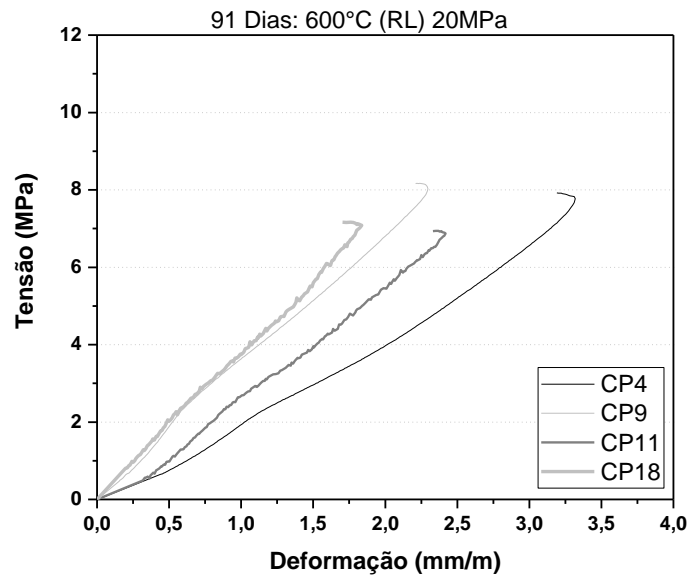
a)



b)



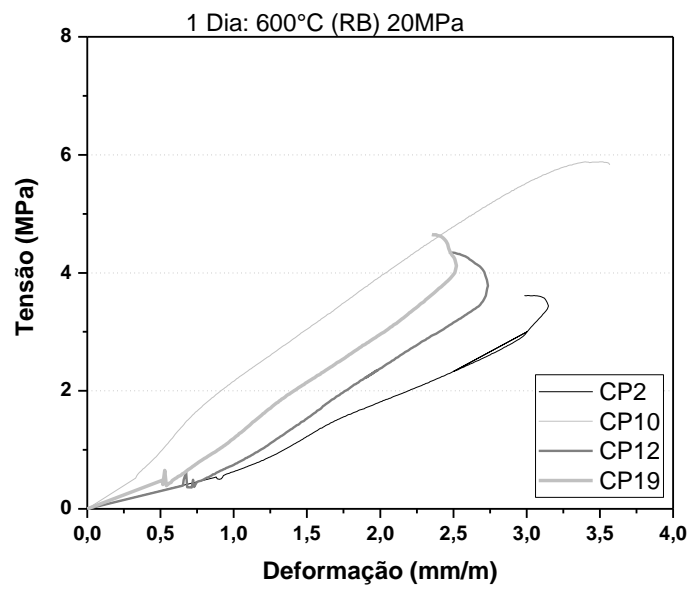
c)



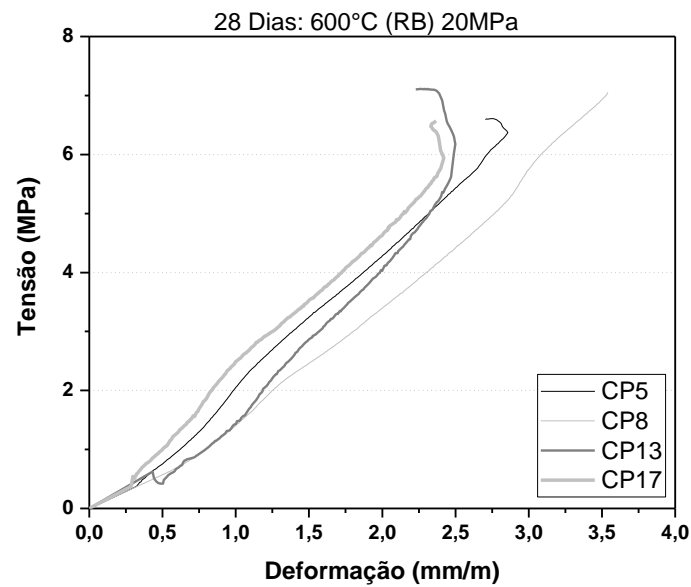
Fonte: Autor, (2022).

Figura 45 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos à 600 °C (RB) (20MPa): a) 1 dia de reidratação b) 28 dias de reidratação c) 91 dias de reidratação.

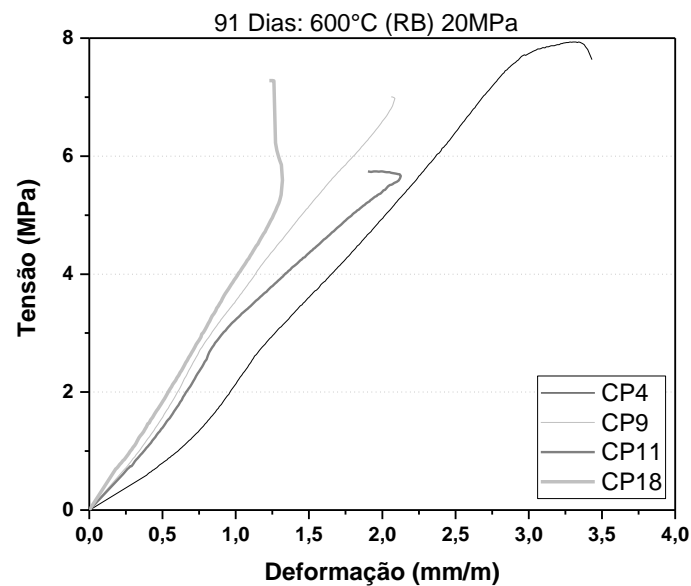
a)



b)



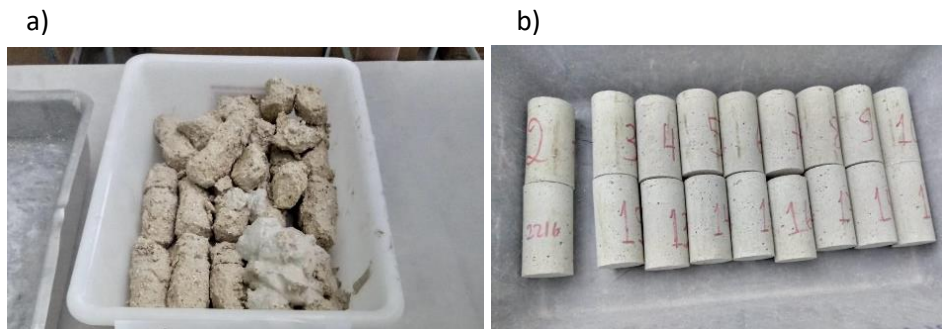
c)



Fonte: Autor, (2022).

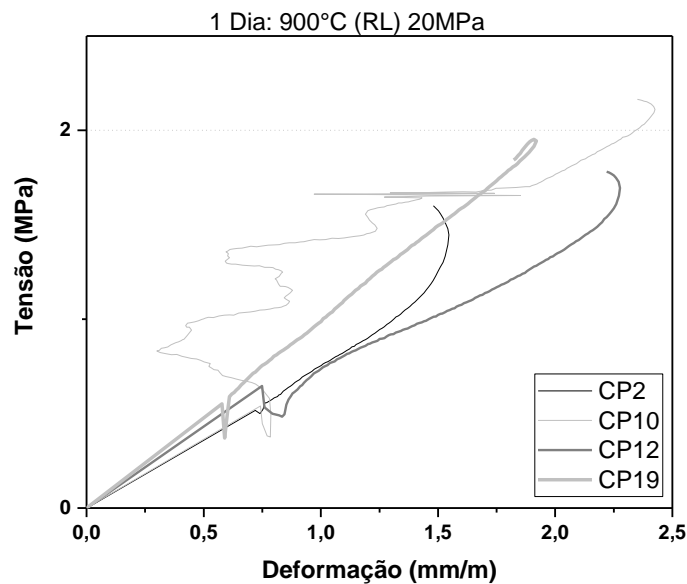
Para os corpos de prova aquecidos à 900 °C (figura 46) foi possível a obtenção do gráfico de curvas tensão – deformação apenas para o método de resfriamento lento (figura 47) para 1 dia de reidratação. Já, para o método de resfriamento brusco não foi realizado o gráfico, (com exceção 900 °C (RL), 1 dia de reidratação) pois os corpos de prova estavam danificados, não sendo possível a realização dos ensaios.

Figura 46 - Corpos de prova (20 MPa), 900 °C método de resfriamento brusco (a) e lento (b).



Fonte: Autor, (2021).

Figura 47 - Curvas tensão – deformação CPs aquecidos a 900 °C (RL) (20MPa): 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2022).

Quando analisamos o módulo de elasticidade estático por meio do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, para a argamassa com resistência nominal de 20 MPa, com 1 dia de reidratação, não encontrou-se diferença significativas apenas entre o resfriamento brusco 600 °C e resfriamento lento 900 °C. O resfriamento brusco 300 °C apresentou diferença significativa com o resfriamento lento 900 °C. Os CPs de referência apresentaram diferença significativa com o resfriamento lento 600 °C. E o resfriamento lento 600 °C com o resfriamento lento 300 °C.

Aos 28 dias de reidratação, encontrou-se diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção do resfriamento brusco e lento 900 °C, resfriamento brusco e resfriamento lento 600 °C, entre resfriamento brusco e lento 300 °C e resfriamento brusco 300 °C e os CPs de referência.

Para 91 dias de reidratação, não foi encontrada diferença significativa entre resfriamento brusco e resfriamento lento 900 °C, também entre os resfriamentos bruscos 300 °C e 600 °C, resfriamento brusco e resfriamento lento 600 °C e resfriamento brusco 600 °C e resfriamento lento 300 °C. Já, o resfriamento brusco 300 °C só teve diferença significativa com resfriamento lento 900 °C. Os CPs de referência não apresentaram diferença significativa com resfriamento lento 300 °C.

4.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO

Os valores médios para módulo de elasticidade dinâmico em GPa, desvio padrão e coeficiente de variação, considerando a resistência nominal, temperatura de aquecimento, método de resfriamento e idade de reidratação foram descritos baseados nos dados obtidos na presente pesquisa de acordo com cada resistência nominal analisada: 4 MPa (APÊNDICE G), 12 MPa (APÊNDICE H) e 20 MPa (APÊNDICE I). Ainda, foram analisados os resultados através dos testes estatísticos ANOVA com *Tukey a posteriori* (5% de significância): 4 MPa (ANEXO S, ANEXO T e ANEXO U), 12 MPa (ANEXO V, ANEXO W e ANEXO X) e 20 MPa (ANEXO Y, ANEXO Z e ANEXO AA), nos quais os dados obtidos foram normalizados (transformados em logaritmos) e testados com 95% de significância.

4.3.1 Resistência nominal 4 MPa

A tabela 09, apresenta os valores médios para o módulo de elasticidade dinâmico em GPa, desvio padrão e coeficiente de variação para a argamassa de assentamento industrializada para alvenaria estrutural com resistência nominal de 4 MPa. Os resultados demonstraram uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em relação a média dos CPs de referência conforme o aumento da temperatura para ambos os métodos de resfriamento (brusco ou lento), assim como para os diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias).

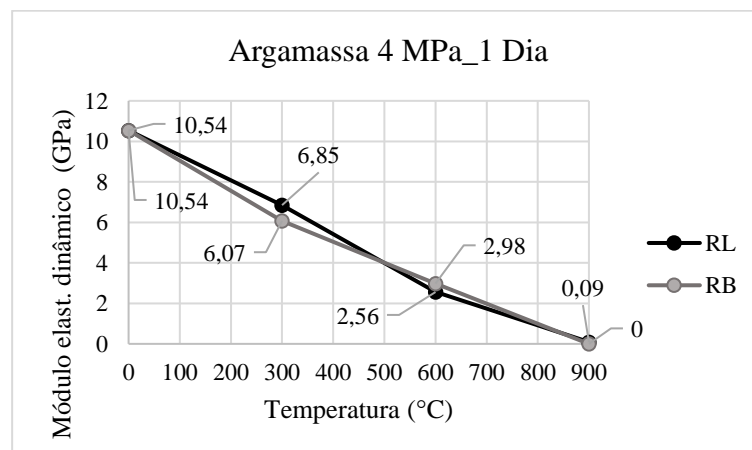
Tabela 09 - Médias do módulo de elasticidade dinâmico, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 4 MPa

Período de Reidratação	Resultados Médios	Tipo de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C
1 Dia	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	10,54	6,85	2,56	0,09	6,07	2,98	0,00
	Desvio Padrão	0,60	0,45	0,19	0,04	0,48	0,48	0,00
	Coeficiente de variação	5,66%	6,52%	7,41%	48,72%	7,87%	16,10%	0,00%
28 Dias	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	10,48	7,31	3,29	0,00	6,99	5,11	0,00
	Desvio Padrão	0,48	0,17	0,25	0,00	0,30	0,30	0,00
	Coeficiente de variação	4,56%	2,39%	7,52%	0,00%	4,22%	5,95%	0,00%
91 Dias	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	10,46	7,41	3,21	0,00	6,64	4,55	0,00
	Desvio Padrão	0,63	0,48	0,22	0,00	0,25	0,67	0,00
	Coeficiente de variação	5,98%	6,54%	6,96%	0,00%	3,73%	14,82%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 48) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 35%, 76% e 99% respectivamente para as temperaturas de 300, 600, e 900 °C. Para o resfriamento brusco, a redução foi de 42% para os CPs aquecidos à 300 °C, 72% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 48 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 4MPa, 1 dia de reidratação.

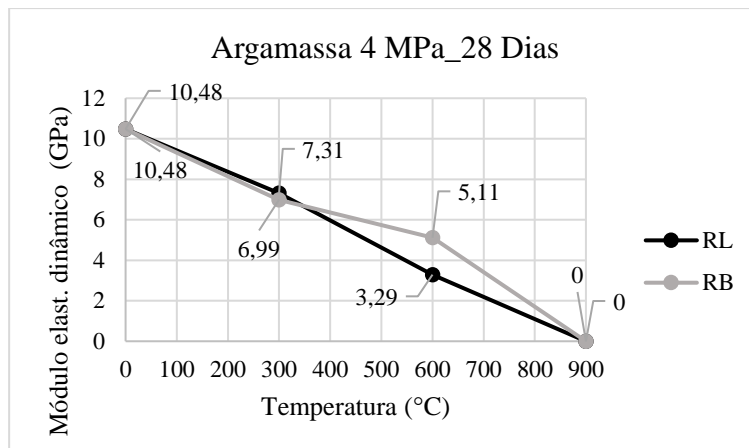


Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 49) através do método de resfriamento lento comparando os demais corpos de prova com os CPs de referência, houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 30%, 69% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600 e 900 °C. Para o método de resfriamento brusco a média dos

resultados foi de redução de 33% para os CPs aquecidos à 300 °C, 51% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

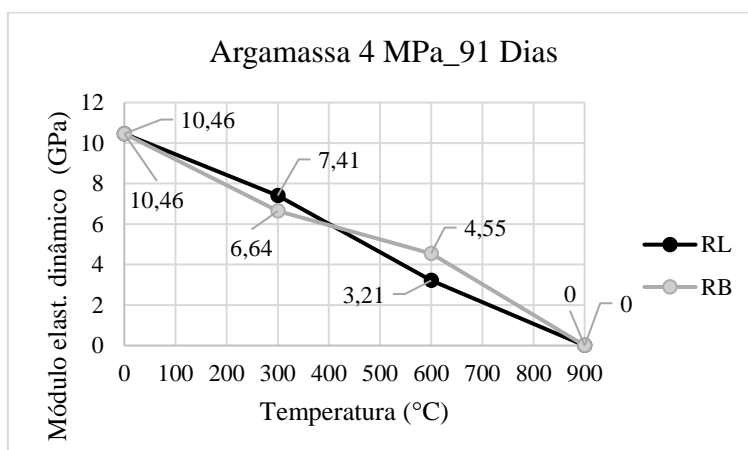
Figura 49 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 4MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 91 dias de reidratação (Figura 50) se comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento, houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 29%, 69% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600 e 900 °C. Para o método de resfriamento brusco, a redução foi de 37% para os CPs aquecidos à 300 °C, 57% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 50 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 4MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Através do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, para o módulo de elasticidade dinâmico com 1 dia de reidratação, a temperatura de 900 °C, encontrou-se diferença significativa para todos os métodos de resfriamento e para todas as temperaturas de aquecimento. Para o resfriamento brusco 600 °C, o mesmo acontece, com exceção entre ele e resfriamento lento 600 °C. O resfriamento brusco 300 °C apresentou diferença significativa entre ele e resfriamento lento 900 °C e 600 °C. O resfriamento lento 900 °C também apresentou diferença significativa entre todas as temperaturas de aquecimento. O resfriamento lento 600 °C apresentou diferença significativa entre ele e 300 °C.

Aos 28 dias de reidratação, encontrou-se diferenças entre os diferentes métodos de resfriamentos e todas as temperaturas de aquecimento, com exceção apenas para resfriamento brusco e lento 300 °C.

Em 91 dias de reidratação, não se encontra diferenças significativas entre: resfriamento brusco 900 °C e resfriamento lento 900 °C; entre resfriamento brusco e lento 600 °C; entre resfriamento brusco 300 °C e os CPs de referência (marginalmente significativo) e resfriamento lento 300 °C. Entre os CPs de referência e resfriamento lento 300 °C.

4.3.2 Resistência nominal 12 MPa

A tabela 10, apresenta os valores médios para o módulo de elasticidade dinâmico em GPa, desvio padrão e coeficiente de variação para a amostra de argamassa de assentamento industrializada para alvenaria estrutural com resistência nominal de 12 MPa. Observou-se uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico conforme o aumento da temperatura para ambos os métodos de resfriamento (lento ou brusco), assim como para os diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias).

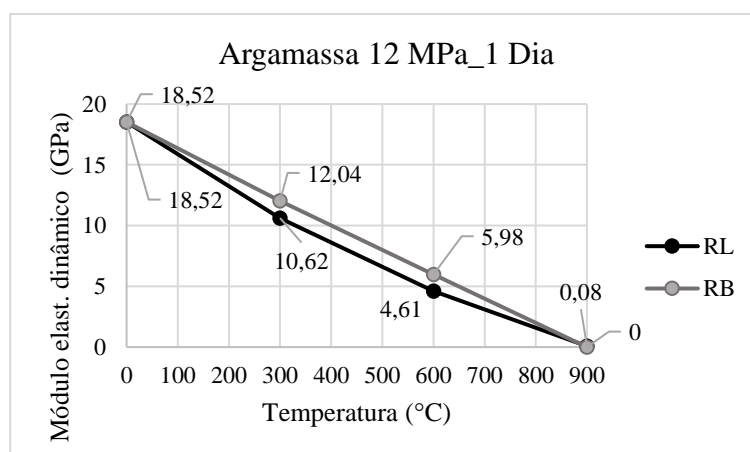
Tabela 10 - Médias do módulo de elasticidade dinâmico, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 12 MPa

Período de Reidratação	Resultados Médios	Tipo de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C
1 Dia	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	18,52	10,62	4,61	0,08	12,04	5,98	0,00
	Desvio Padrão	0,54	0,21	0,36	0,01	0,94	0,41	0,00
	Coeficiente de variação	2,91%	1,94%	7,89%	17,37%	7,79%	6,78%	0,00%
28 Dias	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	18,93	12,41	5,03	0,00	13,39	9,57	0,00
	Desvio Padrão	0,51	0,63	0,32	0,00	0,35	0,41	0,00
	Coeficiente de variação	2,67%	5,04%	6,34%	0,00%	2,60%	4,32%	0,00%
91 Dias	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	19,02	14,49	6,51	0,00	13,73	9,97	0,00
	Desvio Padrão	1,10	0,69	0,53	0,00	0,88	0,57	0,00
	Coeficiente de variação	5,79%	4,79%	8,21%	0,00%	6,43%	5,75%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 51) ao compararmos com os CPs de referência, através do método de resfriamento lento houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 43%, 75% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600, e 900 °C. Para o resfriamento brusco, a redução foi de 35% para os CPs aquecidos à 300 °C, 68% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 51 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 12MPa, 1 dia de reidratação.

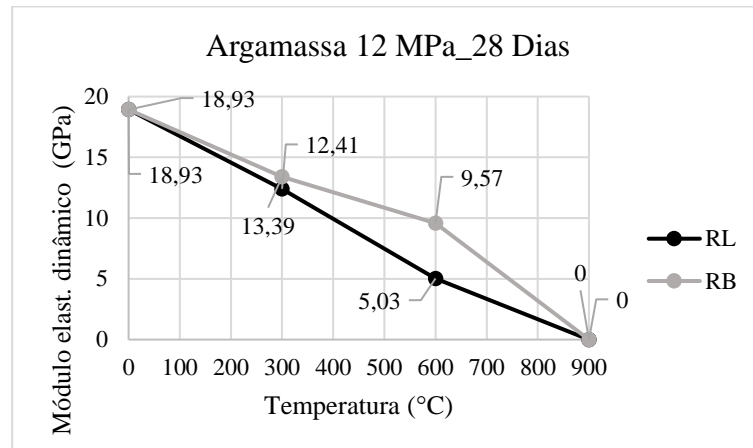


Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 52) através do método de resfriamento lento comparando os demais corpos de prova com os CPs de referência, houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 34%, 73% e 100% respectivamente para

as temperaturas de 300, 600 e 900 °C. Para o método de resfriamento brusco a média dos resultados foi de redução de 29%, 49% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600, e 900 °C.

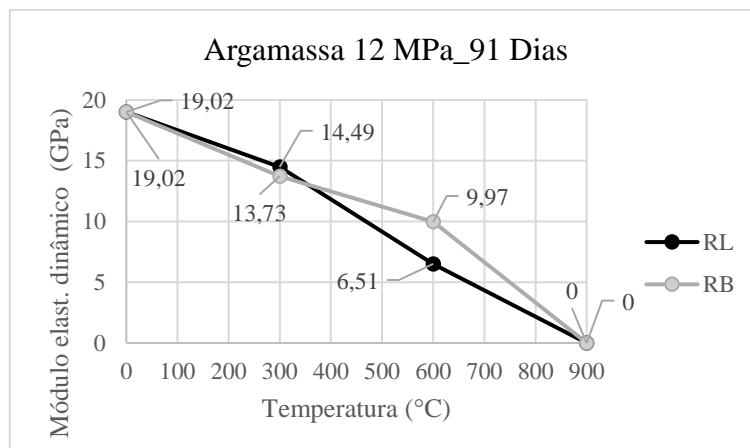
Figura 52 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 12MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 91 dias de reidratação (Figura 53) se comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento, houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 24%, 66% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600 e 900 °C. Para o método de resfriamento brusco, a redução foi de 28% para os CPs aquecidos à 300 °C, 48% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 53 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 12MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Ao analisar o modo de elasticidade dinâmico por meio do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, para 1 dia de reidratação, apenas entre o resfriamento brusco à 300 °C e resfriamento lento na mesma temperatura não se observou diferença significativa. Aos 28 dias de reidratação, verificou-se diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção do método de resfriamento brusco e lento para 900 °C. Para 91 dias, verificou-se diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção do método de resfriamento brusco e lento para 900 °C e entre resfriamento brusco e lento à 300 °C.

4.3.3 Resistência nominal 20 MPa

Os valores médios para o módulo de elasticidade dinâmico em GPa, desvio padrão e coeficiente de variação para a amostra de argamassa de assentamento industrializada para alvenaria estrutural com resistência nominal de 20 MPa, são apresentados na tabela 11. Assim como para as argamassas com resistência nominal de 4 e 12 MPa, foi possível observar uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico conforme o aumento da temperatura para ambos os métodos de resfriamento (lento ou brusco), assim como para os diferentes períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias).

Tabela 11 - Médias do módulo de elasticidade dinâmico, desvio padrão e coeficiente de variação para argamassas de 20 MPa

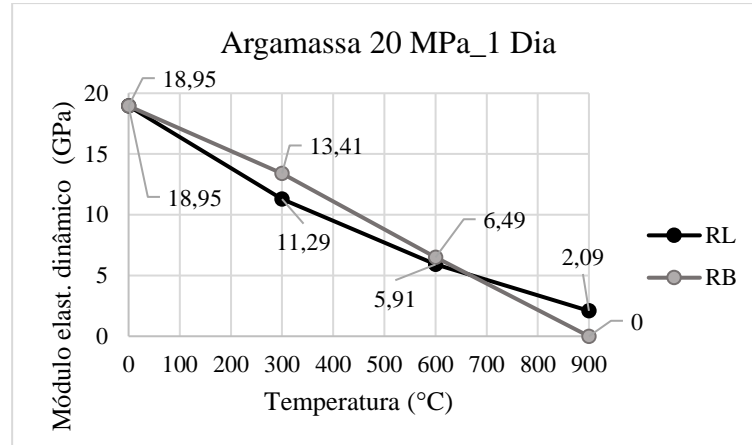
Período de Reidratação	Resultados Médios	Tipo de Resfriamento/Temperatura de aquecimento						
		Sem aquecimento	Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
			Referência	300°C	600°C	900°C	300°C	600°C
1 Dia	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	18,95	11,29	5,91	2,09	13,41	6,49	0,00
	Desvio Padrão	0,62	0,44	0,29	0,30	0,91	0,78	0,00
	Coeficiente de variação	3,28%	3,86%	4,95%	14,27%	6,81%	12,09%	0,00%
28 Dias	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	19,50	12,18	6,68	0,00	15,15	10,10	0,00
	Desvio Padrão	0,60	0,61	0,37	0,00	0,46	0,41	0,00
	Coeficiente de variação	3,10%	5,04%	5,61%	0,00%	3,04%	4,01%	0,00%
91 Dias	Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa)	20,83	14,24	8,57	0,00	15,51	11,08	0,00
	Desvio Padrão	0,53	0,81	0,36	0,00	0,74	0,98	0,00
	Coeficiente de variação	2,54%	5,72%	4,26%	0,00%	4,78%	8,83%	0,00%

Fonte: Autor, (2022).

Para 1 dia de reidratação (Figura 54) quando comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento houve da média do módulo de elasticidade dinâmico em 40%, 69% e 89% respectivamente para as temperaturas de 300, 600, e 900

°C. Para o resfriamento brusco, a redução foi de 29% para os CPs aquecidos à 300 °C, 66% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

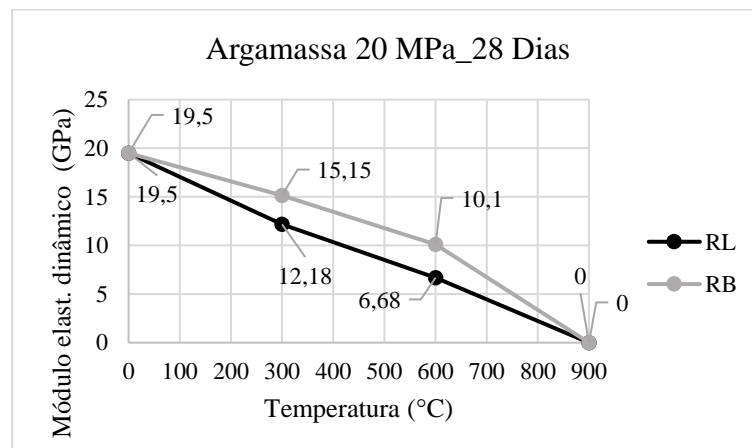
Figura 54 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 20MPa, 1 dia de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 28 dias de reidratação (Figura 55) através do método de resfriamento lento comparando os demais corpos de prova com os CPs de referência, houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 38%, 66% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600 e 900 °C. Para o método de resfriamento brusco a média dos resultados foi de redução de 22% para os CPs aquecidos à 300 °C, 48% para os CPs aquecidos à 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

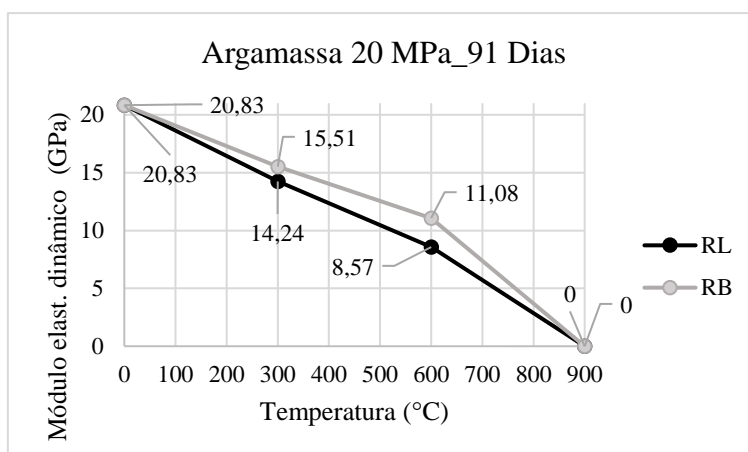
Figura 55 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 20MPa, 28 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Aos 91 dias de reidratação (Figura 56) se comparados aos CPs de referência através do método de resfriamento lento, houve uma redução da média do módulo de elasticidade dinâmico em 32%, 59% e 100% respectivamente para as temperaturas de 300, 600 e 900 °C. Para o método de resfriamento brusco, a redução foi de 26% para os CPs aquecidos à 300 °C, 47% para os CPs aquecidos a 600 °C, e 100% para os CPs aquecidos à 900 °C.

Figura 56 – Gráfico médias módulo de elasticidade dinâmico argamassa de 20MPa, 91 dias de reidratação.



Fonte: Autor, (2023).

Através do teste ANOVA com *Tukey a posteriori*, ao se analisar o módulo de elasticidade dinâmico para 1 dia de reidratação, submetido aos resfriamentos brusco e lento e a temperaturas de 300, 600 e 900 °C, verificou-se diferença significativa para todos os tratamentos com exceção dos resfriamentos brusco e lento 600 °C. Aos 28 dias de reidratação, verificou-se diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção dos resfriamentos brusco e lento 900 °C. Em 91 dias de reidratação, verificou-se diferença significativa entre todos os tratamentos, com exceção dos resfriamentos brusco e lento 900 °C.

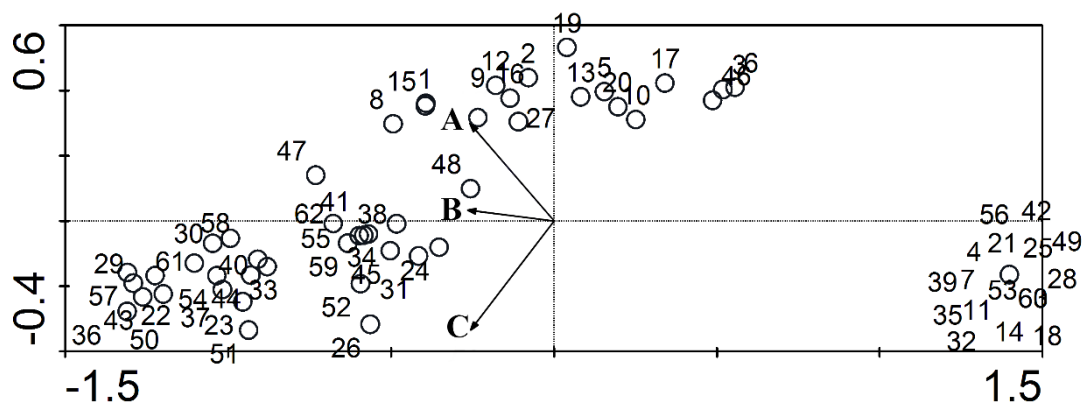
4.4 ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA)

Com o objetivo de analisar a variabilidade nos parâmetros em relação as variáveis analisadas, foi utilizado no presente estudo a Análise de Correspondência Canônica (CCA). Esta, permitiu o cruzamento dos dados entre as diferentes variáveis (resistência à compressão, módulo de elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico) e os

parâmetros analisados no estudo (resistência nominal da argamassa empregada, temperaturas de aquecimento, períodos de reidratação e métodos de resfriamento).

Devido as variáveis analisadas possuírem unidades de medida diferentes sendo MPa e GPa, os dados foram logaritmizados, transformados pela raiz quadrada e padronizados. A padronização dos dados foi indispensável para homogeneizar a escala de unidades empregadas na matriz. Nos dados obtidos não foram encontrados *outliers*, e na sua maioria, as análises testadas responderam entre 95% à 99% do comportamento da argamassa. Deste modo, foi possível a obtenção do gráfico multidimensional (Figura 57), o qual demonstra quais os parâmetros tiveram maior influência sobre as variáveis analisadas (dados relacionados ao APÊNDICE J).

Figura 57 – Gráfico teste CCA para argamassas com resistência nominal de 4, 12 e 20 MPa, (A): módulo de elasticidade estático, (B) módulo de elasticidade dinâmico e (C) resistência à compressão. A numeração interna apresentada no gráfico corresponde à média dos CPs analisados.



Fonte: Autor, (2022).

Através da análise de CCA, foi possível observar que para média da argamassa com resistência nominal de 4 MPa se comparada as argamassas de 12 e 20 MPa, aquecidas a temperaturas entre CPs de referência e 600 °C, em sua grande maioria apresentam resultados mais elevados para o módulo de elasticidade estático independente dos métodos de resfriamento e períodos de reidratação. Além disso, os CPs aquecidos a 600 °C resfriamento lento e brusco com 1 dia de reidratação e os CPs de referência com 91 dias de reidratação demonstraram maiores resultados para resistência à compressão.

Já, as médias para a argamassa com resistência nominal de 12 MPa, quando comparadas a argamassa de resistência nominal de 4 e 20 MPa com temperaturas de aquecimento entre CPs de referência e 600 °C, de modo geral apresentou resistência à compressão mais elevada, independentemente dos métodos de resfriamento e períodos de

reidratação. Excetua-se a esses resultados os CPs aquecidos a 300 °C com 1 dia de reidratação resfriamento lento e brusco, apresentando os índices mais baixos de resistência à compressão. Ainda, os CPs aquecidos a 600 °C resfriamento brusco com 1 dia de reidratação e os CPs de referência com 91 dias de reidratação obtiveram maiores resultados para o módulo de elasticidade estático.

As médias para a argamassa com resistência nominal de 20 MPa, comparando-a com a argamassa de resistência nominal de 4 e 12 MPa com temperaturas de aquecimento entre CPs de referência e 600 °C, modo geral também apresentam resultados elevados para a resistência à compressão, excetuando-se os CPs aquecidos a 300 °C e 600 °C resfriamento lento com 28 dias de reidratação possuindo os índices mais baixos para a resistência a compressão. Além disso, os CPs aquecidos a 300 e 600 °C resfriamento brusco com 1 dia de reidratação demonstraram índices mais altos para o módulo de elasticidade dinâmico.

Para as temperaturas de aquecimento de 900 °C, independentemente das resistências nominais analisadas, métodos de resfriamentos e períodos de reidratação, nenhuma propriedade física analisada possui influência sobre os CPs, pois, os mesmos apresentam resultados residuais zero.

4.5. DISCUSSÃO

Diferentes estudos corroboram com os achados da presente pesquisa, demonstrando que a exposição a elevadas temperaturas afeta diretamente as propriedades mecânicas da argamassa. Pesquisas como Neto *et al.*, (2022), Navaratnam *et al.* (2021), Rigão *et al.* (2021), Andreini *et al.* (2015), Farzadnia, Ali e Demirboga (2013), Cülfik e Özturan (2002), demonstram que o aumento da temperatura influencia na redução da resistência à compressão, e no módulo de elasticidade da argamassa em temperaturas elevadas.

O estudo de Cülfik e Özturan (2002) por exemplo, investigou as propriedades mecânicas da argamassa de alta resistência aquecidas a temperaturas elevadas (300, 600, 900 °C), analisando o módulo residual de elasticidade, resistência à flexão e resistência à compressão. Este teve como resultados que para temperaturas de até 600 °C ocorreram perdas de ambas suas propriedades mecânicas e para temperaturas de 900 °C uma redução quase total de resistência, sendo resultados similares a da presente pesquisa.

Pachta *et al.* (2021), em seu estudo buscaram analisar as propriedades físico - mecânicas residuais argamassas à base de cal expostas elevadas temperaturas entre 200 e 1000 °C. Estes, obtiveram como resultado que tanto o módulo de elasticidade dinâmico, quanto a resistência à flexão obtiveram uma redução até a temperatura de 600 °C, em contrapartida a resistência a compressão aumentou para a mesma temperatura, já temperaturas entre 800 e 1000 °C, ambas as resistências (à flexão e à compressão) reduziram enquanto o módulo de elasticidade não possível ser verificado devido a deterioração dos CPs.

O que difere entre a presente pesquisa e o estudo supracitado é que na presente pesquisa para a temperatura de aquecimento de até 600° tanto o módulo de elasticidade dinâmico quanto a resistência à compressão obtiveram reduções. Segundo Neto *et al.* (2022), essa redução ocorreu devido ao processo de reidratação que origina um aumento da deformação por consequência da expansão de vazios e microfissuras durante a cura pós aquecimento. Para temperatura de aquecimento 900 °C similar a do estudo de Pachta *et al.* (2021), de modo geral também não foi possível a obtenção do módulo devido a deterioração dos CPs .

Em conformidade com Bošnjak *et al.* (2020), com o aumento da temperatura a resistência à compressão da argamassa apresenta uma redução quase linear, assim como, para temperaturas de aquecimento de 700 °C e 900 °C as resistências residuais se aproximam de 30% e 10% respectivamente.

Outro aspecto relevante analisado nesta pesquisa diz respeito ao método de resfriamento lento ou brusco. Estudos como os de Bingöl e Gül (2009) e Yüzer *et al.* (2004), observaram que o método de resfriamento brusco ocasionou maiores danos em relação as propriedades mecânicas analisadas em especial a resistência à compressão. Aydın e Baradan (2007), também verificaram que o método de resfriamento brusco apresentou maiores reduções de resistência à compressão em relação ao resfriamento lento. Karahan (2011) verificou que em temperaturas elevadas de 1000 °C a resistência à compressão apresentou os maiores índices de redução independentemente do método de resfriamento utilizado.

Na presente pesquisa, para a temperatura de aquecimento de 900 °C o método de resfriamento não apresentou interferência nos resultados obtidos. Pois, em ambos os casos sendo RL ou RB de modo geral as propriedades mecânicas analisadas também apresentaram os maiores índices de redução quando comparados aos CPs de referência.

Além disso, no presente estudo observa-se que para a argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural sendo esta de 4, 12 ou 20 MPa aquecida a temperaturas de 300 e 600 °C, na maioria dos casos o método de resfriamento brusco ocasionou uma maior redução para a resistência à compressão e para os módulos de elasticidade estático e dinâmico, quando comparado ao método de resfriamento lento. Desta forma, tal aspecto pode estar relacionado aos diferentes gradientes de temperatura oriundo do choque térmico referente ao resfriamento brusco.

Vale ressaltar também que o período pós resfriamento antes dos ensaios possui influência sobre a resistência, no qual em alguns casos o resfriamento a água pode proporcionar uma melhora na resistência devido a transformação do óxido de cálcio em carboneto de cálcio, porém o resfriamento ao ar pode apresentar efeito reverso de redução da resistência (BAMONTE; GAMBAROVA; SCARRETTA, 2021). Segundo Neto *et al.* (2022), as reduções das propriedades mecânicas da argamassa sofrem influência do processo de reidratação do óxido de cálcio originado a deterioração da argamassa progressivamente ao ser exposta a temperaturas elevadas e posteriormente mantidas ao ar para posterior análise. Ainda, conforme o autor argamassas com a presença de cal em sua composição quando comparadas aquelas somente de cimento apresentam índices mais elevados de redução de resistência à compressão quando expostas e elevadas temperaturas.

Em concordância com os estudos supracitados, na presente pesquisa pode-se verificar de modo geral que para ambas resistências nominais, métodos de resfriamento e períodos de reidratação houve redução da resistência à compressão, módulo de elasticidade estático e dinâmico conforme o aumento da temperatura, em comparação aos CPs de referência (não aquecidos). Em especial, para temperatura de 900 °C, verificou-se, de modo geral, uma perda total ou quase total destas propriedades, quesito este que também foi observado em estudos anteriores para temperaturas semelhantes.

Neste sentido, de amplo modo, as pesquisas demonstraram que a elevação da temperatura assim como os diferentes métodos de resfriamento possuem interferência sobre as características mecânicas da argamassa, aspecto que também é foco deste estudo, conforme percurso metodológico já descrito. Isto, corrobora com os resultados desta pesquisa, que de modo geral pode observar que conforme o aumento da temperatura houve uma redução das propriedades mecânicas da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural como a resistência à compressão, módulo de

elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico, influenciados em grande parte pelo método de resfriamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o sistema construtivo em alvenaria estrutural, garantir a segurança estrutural da edificação é primordial, pois os materiais que integram o sistema (blocos e argamassa) possuem interferência direta em suas propriedades mecânicas. Assim, ao se analisar a argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural, em específico, quando submetida a situações adversas, como incêndio, é possível identificar e quantificar se ela apresenta alterações em seu comportamento mecânico, com possibilidade de falhas ao sistema ou, até mesmo, o colapso total da edificação.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo analisar o comportamento da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural quando submetidas a elevadas temperaturas. Conforme é sabido existem os critérios de segredo industrial que não são apresentados, como os valores e quantidades de cimento por m³ de argamassa, teor de ar incorporado, entre outros, os quais podem ser caracterizados como fator limitante da pesquisa.

Como resultados obtidos, foi possível observar de modo geral que conforme o aumento da temperatura independentemente do método de resfriamento as propriedades mecânicas de resistência à compressão, módulo de elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico reduziram-se. De acordo com as análises estatísticas, houve diferenças significativas para as resistências nominais de 4, 12 e 20 MPa, quando aquecidas as temperaturas de 300, 600 e 900 °C, em ambos os métodos de resfriamentos lento e brusco e períodos de reidratação (1, 28 e 91 dias). Ainda, os CPs aquecidos a temperatura de 900 °C, nos diferentes métodos de resfriamento lento e brusco para ambas as propriedades mecânicas analisadas, nas diferentes resistências nominais de 4, 12 e 20 MPa, em sua grande maioria apresentaram resistência residual zero.

Além disso, a argamassa com resistência nominal de 4 MPa apresentou em sua grande maioria resultados estatisticamente mais elevados para o módulo de elasticidade estático se comparada com as demais argamassas analisadas. Em contrapartida, as argamassas com resistência nominal de 12 e 20 MPa de modo geral demonstraram resultados estatisticamente mais elevados para a resistência à compressão. Ainda, o módulo de elasticidade dinâmico apresentou resultados expressivos apenas para os CPs

com resistência nominal de 20 MPa, aquecidos à 300 e 600 °C resfriamento brusco com 1 dia de reidratação.

Além disso, em temperaturas de 900° C independentemente do método de resfriamento lento ou brusco a argamassa analisada de maneira geral não apresenta resistência residual comprometendo o sistema como um todo. Diante do exposto, é notável o efeito prejudicial das temperaturas elevadas nas propriedades mecânicas da argamassa industrializada de assentamento para alvenaria estrutural analisadas na presente pesquisa, principalmente devido ao impacto oriundo do método de resfriamento, assim como o período de reidratação pós aquecimento. Lembrando que a análise laboratorial empregada nesta não reflete em sua totalidade uma situação real de incêndio, em especial ao avaliado no método de resfriamento brusco.

Vale ressaltar que os materiais e a metodologia utilizados nesta dissertação também foram utilizados por uma pesquisa correlata de doutorado, havendo perspectivas futuras de análises comparativas em relação ao fator de forma.

REFERÊNCIAS

ANDREINI, M.; FALCO, A.; SASSU, M. Stress–strain curves for masonry materials exposed to fire action. **Fire safety journal**, v. 69, p. 43-56, 2014.

ANDREINI, M. *et al.* Mechanical behavior of masonry materials at high temperatures. **Fire and Materials**, v. 39, n. 1, p. 41-57, 2015.

ARSLAN, F.; BENLI, A.; KARATAS, M. Effect of high temperature on the performance of self-compacting mortars produced with calcined kaolin and metakaolin. **Construction and Building Materials**, v. 256, p. 119497, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria — requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: cimento portland - determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522-1**: concreto endurecido - determinação dos módulos de elasticidade e de deformação - parte 1: módulos estáticos à compressão. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522-2**: concreto endurecido - determinação dos módulos de elasticidade e de deformação - parte 2: módulo de elasticidade dinâmico pelo método das frequências naturais de vibração. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14323**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15200**: projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1:** componentes cerâmicos - blocos e tijolos para alvenaria - parte 1: requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** edificações habitacionais — desempenho - parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630:** argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541:** argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1:** alvenaria estrutural - parte 1: projeto Rio de Janeiro, 2020.

ASTM. C109: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or [50-mm] Cube Specimens), 2020, p. 10.

ASTM. C215: Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Resonant Frequencies of Concrete Specimens, 2019, p. 7.

ASTM. C469: Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, 2014, p. 5.

ASTM. C597: Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete, 2016, p. 4.

ASTM. C780: Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry, 2020, p. 17.

ASTM. ASTM E119-95a: Standard test method for fire tests of building construction and materials, 1995.

ASTM. E119-95a: Standard test method for fire tests of building construction and materials, 1995.

Australian Standard, Fire resistance tests of elements of building construction, AS, 1530, pp. 4–1990, 1990.

AYDIN, S.; BARADAN, B. Effect of pumice and fly ash incorporation on high temperature resistance of cement based mortars. **Cement and concrete research**, v. 37, n. 6, p. 988-995, 2007.

BAMONTE, P.; GAMBAROVA, P. G.; SCIARRETTA, F. Thermo-mechanical properties and stress-strain curves of ordinary cementitious mortars at elevated temperatures. **Construction and Building Materials**, v. 267, p. 121027, 2021.

BARBOSA, C. S. *et al.* Triaxial compression tests on bedding mortar samples looking at confinement effect analysis. 2007.

BARROS, J. A.; ALMEIDA, J. C.; LOURENÇO, P. B. Characterization of brick and brick–mortar interface under uniaxial tension. 2002.

BEDFORD, T. *et al.* **Probabilistic risk analysis: foundations and methods.** Cambridge University Press, 2001.

BINGÖL, A. F.; GÜL, R. Effect of elevated temperatures and cooling regimes on normal strength concrete. **Fire and Materials: An International Journal**, v. 33, n. 2, p. 79-88, 2009.

Borcard D, Legendre P & Drapeau P 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73: 1045-1055.

BOŠNJAK, J. *et al.* Experimental and numerical studies on masonry after exposure to elevated temperatures. **Construction and Building Materials**, v. 230, p. 116926, 2020.

BRULIN, J. *et al.* Methodology for brick/mortar interface strength characterization at high temperature. **Construction and Building Materials**, v. 265, p. 120565, 2020.

BULL, J. W. (Ed.). **Computational modelling of masonry, brickwork and blockwork structures.** Saxe-Coburg Publications, 2001.

CEN/TC 125 Masonry. **EN 998-2:2004**, specification for mortar for masonry—part 2: masonry mortar. 2004.

CEN, EN 1015-11: Methods of Test for Mortar for Masonry - Part 11 – Determination of Flexural and Compressive Strength of Hardened Mortars, 2019.

ČERNÝ, R. *et al.* Thermal and hygric properties of Portland cement mortar after high-temperature exposure combined with compressive stress. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 9, p. 1347-1355, 2003.

CHAN, Y. N.; PENG, G. F.; ANSON, M. Residual strength and pore structure of high-strength concrete and normal strength concrete after exposure to high temperatures. **Cement and concrete composites**, v. 21, n. 1, p. 23-27, 1999.

ÇOLAK, A. B. *et al.* Artificial Intelligence Approach in Predicting the Effect of Elevated Temperature on the Mechanical Properties of PET Aggregate Mortars: An Experimental Study. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 46, n. 5, p. 4867-4881, 2021.

CÜLFIK, M. S.; ÖZTURAN, T. Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high-performance mortar. **Cement and Concrete Research**, v. 32, n. 5, p. 809-816, 2002.

- DAWARE, A.; NASER, M. Z. Fire performance of masonry under various testing methods. **Construction and Building Materials**, v. 289, p. 123183, 2021.
- DEMIR, A.: Investigation of the Effect of High Temperature in Tile Broken Aggregate Concretes. Ph.D. Thesis, **Eskişehir Osmangazi University Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, p. 15–16, 2008.
- ESTEVAN, L. et al. Textile Reinforced Mortars (TRM) tensile behavior after high temperature exposure. **Construction and Building Materials**, v. 328, p. 127116, 2022.
- FARZADNIA, N.; ALI, A. A. A.; DEMIRBOGA, R. Characterization of high strength mortars with nano alumina at elevated temperatures. **Cement and Concrete Research**, v. 54, p. 43-54, 2013.
- Fire-resistance tests — elements of building construction — part 1: general requirements — amendment 2. International Standard ISO 834, 2021.
- Fire-resistance tests — elements of building construction — part 2: requirements and recommendations for measuring furnace expo. International Standard ISO 834, 2019.
- FONSECA, F. S. *et al.* Compressive strength of high-strength concrete masonry grouted prisms. **Construction and Building Materials**, v. 202, p. 861-876, 2019.
- FORTES, E. S. *et al.* Compressive strength of masonry constructed with high strength concrete blocks. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, p. 1273-1319, 2017.
- FU, Y. *et al.* Experimental study of micro/macro crack development and stress–strain relations of cement-based composite materials at elevated temperatures. **Cement and Concrete Research**, v. 34, n. 5, p. 789-797, 2004.
- GEORGALI, B.; TSAKIRIDIS, P. E. Microstructure of fire-damaged concrete. A case study. **Cement and Concrete composites**, v. 27, n. 2, p. 255-259, 2005.
- HENDRY, A. W. Masonry walls: materials and construction. **Construction and Building materials**, v. 15, n. 8, p. 323-330, 2001.
- HORSZCZARUK, E. *et al.* The effect of elevated temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica and heavyweight aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 137, p. 420-431, 2017.
- INGHAM, J. P. Application of petrographic examination techniques to the assessment of fire-damaged concrete and masonry structures. **Materials characterization**, v. 60, n. 7, p. 700-709, 2009.
- INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION, Fire resistance test – elements of building construction, International Standard 834, 1975.
- KARAHAN, O. Residual compressive strength of fire-damaged mortar after post-fire-air-curing. **Fire and Materials**, v. 35, n. 8, p. 561-567, 2011.

- KHALAF, F. M. Factors influencing compressive strength of concrete masonry prisms. **Magazine of Concrete Research**, v. 48, n. 175, p. 95-101, 1996.
- LEITE, H. A. L.; MORENO J., A. L.; TORRES, D. L. Dimensionamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio: Contribuição à futura normatização nacional. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 89-107, 2016.
- Legendre P & Legendre L. 1990. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier B.V. 1 ed.
- Legendre P & Legendre L. 1998. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier B.V. 2 ed.
- LIMA, T. E. S. *et al.* Study of Face Shell Bedding Concrete Blocks Prisms with Different Laying Mortar Strength. In: **Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2021**. Springer International Publishing, 2021. p. 517-522.
- LOURENÇO, P. B. Computations on historic masonry structures. **Progress in Structural Engineering and Materials**, v. 4, n. 3, p. 301-319, 2002.
- LOURENÇO P. B.; ROTS J. G. A multi-surface interface model for the analysis of masonry structures. *J EngMech*, v.123, n.7, p.60–668, 1997.
- MAJEED, S. A. Effect of specimen size on compressive, modulus of rupture and splitting strength of cement mortar. **Journal of applied sciences**, v. 11, n. 3, p. 584-588, 2011.
- MAKOOND, N. *et al.* Relationship between the static and dynamic elastic modulus of brick masonry constituents. **Construction and Building Materials**, v. 259, p. 120386, 2020.
- MARQUES, A. I. *et al.* Modulus of elasticity of mortars: Static and dynamic analyses. **Construction and Building Materials**, v. 232, p. 117216, 2020.
- MASSE, S. *et al.* Elastic modulus changes in cementitious materials submitted to thermal treatments up to 1000 C. **Advances in Cement Research**, v. 14, n. 4, p. 169-177, 2002.
- MOHAMAD, G. *et al.* Estudo de caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural. 2007.
- MOHAMAD, G. *et al.* Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural-previsão e modo de ruptura. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 14, n. 2, p. 824-844, 2009.
- MOHAMAD, G.; RIZZATTI, E.; ROMAN, H. R. Modo de ruptura, deformabilidade e resistência de pequenas paredes estruturais. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 7-22, 2011.
- MOHAMAD, G. *et al.* Strength, behavior, and failure mode of hollow concrete masonry constructed with mortars of different strengths. **Construction and Building Materials**, v. 134, p. 489-496, 2017.

MORALES, G.; CAMPOS, A.; FAGANELLO, A. P. A ação do fogo sobre os componentes do concreto. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 32, n. 1, p. 47-55, 2011.

NADJAI, A.; O'GARRA, M.; ALI, F. Finite element modelling of compartment masonry walls in fire. **Computers & structures**, v. 81, n. 18-19, p. 1923-1930, 2003.

NALON, G. H. *et al.* Compressive strength, dynamic, and static modulus of cement-lime laying mortars obtained from samples of various geometries. **Journal of Building Engineering**, v. 44, p. 102626, 2021.

NAVARATNAM, S. *et al.* Residual stress-strain relationship for the biochar-based mortar after exposure to elevated temperature. **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, p. e00540, 2021.

NETO, J. A. D.F. *et al.* Effects of post-fire curing on the residual mechanical behavior of cement-lime masonry mortars. **Construction and Building Materials**, v. 327, p. 126613, 2022.

NGUYEN, T. D. *et al.* The behaviour of masonry walls subjected to fire: Modelling and parametrical studies in the case of hollow burnt-clay bricks. **Fire Safety Journal**, v. 44, n. 4, p. 629-641, 2009.

OLIVEIRA, R. G. *et al.* Experimental and numerical analysis on the structural fire behaviour of three-cell hollowed concrete masonry walls. **Engineering Structures**, v. 228, p. 111439, 2021.

OUYANG, J. *et al.* Effects of interface agent and cooling methods on the interfacial bonding performance of engineered cementitious composites (ECC) and existing concrete exposed to high temperature. **Construction and Building Materials**, v. 376, p. 131054, 2023.

PACHTA, V.; KONOPISSI, S.; STEFANIDOU, M. The influence of brick dust and crushed brick on the properties of lime-based mortars exposed at elevated temperatures. **Construction and Building Materials**, v. 296, p. 123743, 2021.

PACHTA, V.; TSARDAKA, E.; STEFANIDOU, M. The role of flame retardants in cement mortars exposed at elevated temperatures. **Construction and Building Materials**, v. 273, p. 122029, 2021.

PARSEKIAN, G. A. *et al.* Properties of Mortar Using Cubes, Prism Halves, and Cylinder Specimens. **ACI Materials Journal**, v. 111, n. 4, 2014.

PATTERSON, R.; PAVÍA, S. Influence of loading rate and specimen geometry on lime mortar strength. **Bridge Infrastructure Concrete Research Ireland (BCRI)**, Dublin, p. 361-365, 2012.

PICHUGIN, S. Statistical Strength Characteristics of Building Structures Materials. In: **International Conference BUILDING INNOVATIONS**. Springer, Cham, 2020. p. 313-330.

PULATSU, B. *et al.* Simulation of the in-plane structural behavior of unreinforced masonry walls and buildings using DEM. In: **Structures**. Elsevier, 2020. p. 2274-2287.

PURKISS, J. A. **Fire safety engineering design of structures**. *Butterworth - Heinemann*. Great Britain, 2nd ed., 2007.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical.

RIGÃO, A. O. *et al.* Desempenho mecânico de alvenaria estrutural cerâmica e seus componentes em temperaturas elevadas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 22402-22415, 2021.

RILEM. **RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES ET EXPERTS DES MATÉRIAUX**. 129-MHT: These methods for mechanical properties of concrete at high temperatures. 1995.

RUSSO, S.; SCIARRETTA, F. Experimental and theoretical investigation on masonry after high temperature exposure. **Experimental Mechanics**, v. 52, n. 4, p. 341-359, 2012.

RUSSO, S.; SCIARRETTA, F. Masonry exposed to high temperatures: Mechanical behaviour and properties—An overview. **Fire Safety Journal**, v. 55, p. 69-86, 2013.

SARHOSIS, V.; LEMOS, J. V. A detailed micro-modelling approach for the structural analysis of masonry assemblages. **Computers & Structures**, v. 206, p. 66-81, 2018.

SEDAGHATDOOST, A.; BEHFARNIA, K. Mechanical properties of Portland cement mortar containing multi-walled carbon nanotubes at elevated temperatures. **Construction and Building Materials**, v. 176, p. 482-489, 2018.

SHOAIB, M. M.; AHMED, S. A.; BALAHA, M. M. Effect of fire and cooling mode on the properties of slag mortars. **Cement and Concrete Research**, v. 31, n. 11, p. 1533-1538, 2001.

SILVA, A. *et al.* Mechanical characteristics of lightweight mortars on small-scale samples. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 44, n. 1, p. 402-413, 2016.

Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles of statistics in biological research*. New York, Freeman, 887p.

Ter Braak CJF & Smilauer P 2002. *Canoco Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, 500p

XIN, J.; HUANG, C. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. **Fire Safety Journal**, v. 62, p. 72-78, 2013.

YAZICI, Ş.; SEZER, G. İ.; ŞENGÜL, H. The effect of high temperature on the compressive strength of mortars. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 97-100, 2012.

YÜZER, N.; AKÖZ, F.; ÖZTÜRK, L. D. Compressive strength–color change relation in mortars at high temperature. **Cement and Concrete Research**, v. 34, n. 10, p. 1803-1807, 2004.

Ter Braak CJF & Smilauer P 2002. Canoco Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, 500p.

ANEXOS

ANEXO A - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	4RB1N	4RB1SC	4RB1T	4RL1N	4RL1S	4RL1SC	4RL1T
4RB1N	1.000						
4RB1SC	0.399	1.000					
4RB1T	0.000	0.009	1.000				
4RL1N	1.000	0.399	0.000	1.000			
4RL1S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
4RL1SC	0.013	0.571	0.307	0.013	0.000	1.000	
4RL1T	0.000	0.000	0.207	0.000	0.037	0.002	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=40.955$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO B - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	4RB28N	4RB28SC	4RB28T	4RL28N	4RL28S	4RL28SC	4RL28T
4RB28N	1.000						
4RB28SC	0.000	1.000					
4RB28T	0.000	0.510	1.000				
4RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
4RL28S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
4RL28SC	0.000	1.000	0.652	0.000	0.000	1.000	
4RL28T	0.000	0.014	0.462	0.000	0.001	0.023	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=130.058$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO C - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	4RB91N	4RB91SC	4RB91T	4RL91N	4RL91S	4RL91SC	4RL91T
4RB91N	1.000						
4RB91SC	0.014	1.000					
4RB91T	0.005	1.000	1.000				
4RL91N	1.000	0.014	0.005	1.000			
4RL91S	0.000	0.003	0.007	0.000	1.000		
4RL91SC	0.017	1.000	0.999	0.017	0.002	1.000	
4RL91T	0.000	0.175	0.342	0.000	0.446	0.150	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=19.218$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO D - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	12RB1N	12RB1SC	12RB1T	12RL1N	12RL1S	12RL1SC	12RL1T
12RB1N	1.000						
12RB1SC	0.000	1.000					
12RB1T	0.000	0.000	1.000				
12RL1N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL1S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
12RL1SC	0.000	0.000	0.428	0.000	0.000	1.000	
12RL1T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=237.580$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO E - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	12RB28N	12RB28SC	12RB28T	12RL28N	12RL28S	12RL28SC	12RL28T
12RB28N	1.000						
12RB28SC	0.000	1.000					
12RB28T	0.000	0.000	1.000				
12RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL28S	0.000	0.000	0.001	0.000	1.000		
12RL28SC	0.000	0.329	0.004	0.000	0.000	1.000	
12RL28T	0.000	0.000	0.391	0.000	0.230	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=151.705$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO F - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	12RB91N	12RB91SC	12RB91T	12RL91N	12RL91S	12RL91SC	12RL91T
12RB91N	1.000						
12RB91SC	0.000	1.000					
12RB91T	0.000	0.092	1.000				
12RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL91S	0.000	0.000	0.024	0.000	1.000		
12RL91SC	0.000	1.000	0.103	0.000	0.000	1.000	
12RL91T	0.000	0.001	0.634	0.000	0.595	0.001	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=71.162$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO G - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	20RB1N	20RB1SC	20RB1T	20RL1N	20RL1S	20RL1SC	20RL1T
20RB1N	1.000						
20RB1SC	0.000	1.000					
20RB1T	0.000	0.788	1.000				
20RL1N	0.049	0.002	0.000	1.000			
20RL1S	0.000	0.000	0.003	0.000	1.000		
20RL1SC	0.000	0.225	0.953	0.000	0.035	1.000	
20RL1T	0.000	0.001	0.059	0.000	0.888	0.393	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Bruto); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=44.695$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO H - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	20RB28N	20RB28SC	20RB28T	20RL28N	20RL28S	20RL28SC	20RL28T
20RB28N	1.000						
20RB28SC	0.000	1.000					
20RB28T	0.000	0.000	1.000				
20RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
20RL28S	0.000	0.000	0.806	0.000	1.000		
20RL28SC	0.000	0.017	0.124	0.000	0.004	1.000	
20RL28T	0.000	0.000	0.366	0.000	0.990	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Bruto); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=383.776$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO I - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	20RB91N	20RB91SC	20RB91T	20RL91N	20RL91S	20RL91SC	20RL91T
20RB91N	1.000						
20RB91SC	0.000	1.000					
20RB91T	0.000	0.004	1.000				
20RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
20RL91S	0.000	0.000	0.421	0.000	1.000		
20RL91SC	0.000	0.997	0.020	0.000	0.000	1.000	
20RL91T	0.000	0.013	0.999	0.000	0.211	0.057	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Bruto); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)} = 305.541$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO J - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	4RB1N	4RB1SC	4RB1T	4RL1N	4RL1S	4RL1SC	4RL1T
4RB1N	1.000						
4RB1SC	0.001	1.000					
4RB1T	0.000	0.193	1.000				
4RL1N	1.000	0.001	0.000	1.000			
4RL1S	0.000	0.001	0.225	0.000	1.000		
4RL1SC	0.000	0.471	0.996	0.000	0.075	1.000	
4RL1T	0.000	0.014	0.854	0.000	0.895	0.517	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=34.932$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO K - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	4RB28N	4RB28SC	4RB28T	4RL28N	4RL28S	4RL28SC	4RL28T
4RB28N	1.000						
4RB28SC	0.003	1.000					
4RB28T	0.000	0.008	1.000				
4RL28N	1.000	0.003	0.000	1.000			
4RL28S	0.000	0.000	0.017	0.000	1.000		
4RL28SC	0.064	0.785	0.000	0.064	0.000	1.000	
4RL28T	0.000	0.007	1.000	0.000	0.020	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=44.771$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO L - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	4RB91N	4RB91SC	4RB91T	4RL91N	4RL91S	4RL91SC	4RL91T
4RB91N	1.000						
4RB91SC	0.420	1.000					
4RB91T	0.002	0.181	1.000				
4RL91N	1.000	0.420	0.002	1.000			
4RL91S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
4RL91SC	0.008	0.428	0.997	0.008	0.000	1.000	
4RL91T	0.000	0.009	0.760	0.000	0.008	0.429	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=26.152$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO M - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	12RB1N	12RB1SC	12RB1T	12RL1N	12RL1S	12RL1SC	12RL1T
12RB1N	1.000						
12RB1SC	0.000	1.000					
12RB1T	0.000	0.000	1.000				
12RL1N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL1S	0.000	0.000	0.059	0.000	1.000		
12RL1SC	0.000	0.064	0.002	0.000	0.000	1.000	
12RL1T	0.000	0.000	0.701	0.000	0.684	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=2835.073$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO N - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	12RB28N	12RB28SC	12RB28T	12RL28N	12RL28S	12RL28SC	12RL28T
12RB28N	1.000						
12RB28SC	0.000	1.000					
12RB28T	0.000	0.001	1.000				
12RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL28S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
12RL28SC	0.000	0.964	0.006	0.000	0.000	1.000	
12RL28T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.967	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=1608.716$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO O - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	12RB91N	12RB91SC	12RB91T	12RL91N	12RL91S	12RL91SC	12RL91T
12RB91N	1.000						
12RB91SC	0.000	1.000					
12RB91T	0.000	0.020	1.000				
12RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL91S	0.000	0.000	0.294	0.000	1.000		
12RL91SC	0.000	0.123	0.971	0.000	0.059	1.000	
12RL91T	0.000	0.013	1.000	0.000	0.394	0.926	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=685.032$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO P - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	20RB1N	20RB1SC	20RB1T	20RL1N	20RL1S	20RL1SC	20RL1T
20RB1N	1.000						
20RB1SC	0.000	1.000					
20RB1T	0.000	0.000	1.000				
20RL1N	0.000	0.238	0.000	1.000			
20RL1S	0.000	0.000	0.072	0.000	1.000		
20RL1SC	0.000	0.003	0.177	0.000	0.000	1.000	
20RL1T	0.000	0.000	0.961	0.000	0.371	0.027	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=641.708$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO Q - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	20RB28N	20RB28SC	20RB28T	20RL28N	20RL28S	20RL28SC	20RL28T
20RB28N	1.000						
20RB28SC	0.000	1.000					
20RB28T	0.000	0.000	1.000				
20RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
20RL28S	0.000	0.000	0.508	0.000	1.000		
20RL28SC	0.000	0.526	0.020	0.000	0.000	1.000	
20RL28T	0.000	0.034	0.391	0.000	0.010	0.697	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=1136.509$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO R - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	20RB91N	20RB91SC	20RB91T	20RL91N	20RL91S	20RL91SC	20RL91T
20RB91N	1.000						
20RB91SC	0.000	1.000					
20RB91T	0.000	0.244	1.000				
20RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
20RL91S	0.000	0.007	0.597	0.000	1.000		
20RL91SC	0.000	1.000	0.244	0.000	0.007	1.000	
20RL91T	0.000	0.202	1.000	0.000	0.667	0.202	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Bruto); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (sem resfriamento) e T: (300 °C). $F_{(6,21)}=556.248$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO S - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	4RB1N	4RB1SC	4RB1T	4RL1N	4RL1S	4RL1SC	4RL1T
4RB1N	1.000						
4RB1SC	0.009	1.000					
4RB1T	0.000	0.009	1.000				
4RL1N	0.000	0.000	0.000	1.000			
4RL1S	0.000	0.000	0.257	0.000	1.000		
4RL1SC	0.006	1.000	0.014	0.000	0.000	1.000	
4RL1T	0.000	0.002	0.998	0.000	0.566	0.003	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=102.428$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO T - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	4RB28N	4RB28SC	4RB28T	4RL28N	4RL28S	4RL28SC	4RL28T
4RB28N	1.000						
4RB28SC	0.000	1.000					
4RB28T	0.000	0.000	1.000				
4RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
4RL28S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
4RL28SC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
4RL28T	0.000	0.000	0.546	0.000	0.000	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)} = 2891.225$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO U - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	4RB91N	4RB91SC	4RB91T	4RL91N	4RL91S	4RL91SC	4RL91T
4RB91N	1.000						
4RB91SC	0.000	1.000					
4RB91T	0.000	0.000	1.000				
4RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
4RL91S	0.000	0.000	0.057	0.000	1.000		
4RL91SC	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
4RL91T	0.000	0.000	0.990	0.000	0.255	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 4 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)} = 81.034$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO V - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	12RB1N	12RB1SC	12RB1T	12RL1N	12RL1S	12RL1SC	12RL1T
12RB1N	1.000						
12RB1SC	0.000	1.000					
12RB1T	0.000	0.000	1.000				
12RL1N	0.000	0.000	0.000	1.000			
12RL1S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
12RL1SC	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	1.000	
12RL1T	0.000	0.000	0.389	0.000	0.000	0.000	1.000

Legenda; resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=2066.028$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO W - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	12RB28N	12RB28SC	12RB28T	12RL28N	12RL28S	12RL28SC	12RL28T
12RB28N	1.000						
12RB28SC	0.000	1.000					
12RB28T	0.000	0.000	1.000				
12RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL28S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
12RL28SC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
12RL28T	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)} = 6520.762$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO X - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	12RB91N	12RB91SC	12RB91T	12RL91N	12RL91S	12RL91SC	12RL91T
12RB91N	1.000						
12RB91SC	0.000	1.000					
12RB91T	0.000	0.000	1.000				
12RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
12RL91S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
12RL91SC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
12RL91T	0.000	0.000	0.579	0.000	0.000	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 12 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)} = 3228.206$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO Y - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 1 DIA DE REIDRATAÇÃO.

	20RB1N	20RB1SC	20RB1T	20RL1N	20RL1S	20RL1SC	20RL1T
20RB1N	1.000						
20RB1SC	0.000	1.000					
20RB1T	0.000	0.000	1.000				
20RL1N	0.000	0.000	0.000	1.000			
20RL1S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
20RL1SC	0.000	0.497	0.000	0.000	0.000	1.000	
20RL1T	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 1: (Dia); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=1044.791$.

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO Z - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 28 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	20RB28N	20RB28SC	20RB28T	20RL28N	20RL28S	20RL28SC	20RL28T
20RB28N	1.000						
20RB28SC	0.000	1.000					
20RB28T	0.000	0.000	1.000				
20RL28N	1.000	0.000	0.000	1.000			
20RL28S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
20RL28SC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
20RL28T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Legenda: resultados de p entre os tratamentos: 20 (MPa); RB: (Resfriamento Brusco); RL: (Resfriamento Lento); 28: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (CP de referência) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=6423.434$

Fonte: Autor, (2022).

ANEXO AA - TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO ANOVA (MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO) PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa COM 91 DIAS DE REIDRATAÇÃO.

	20RB91N	20RB291SC	20RB91T	20RL91N	20RL91S	20RL91SC	20RL91T
20RB91N	1.000						
20RB91SC	0.000	1.000					
20RB91T	0.000	0.000	1.000				
20RL91N	1.000	0.000	0.000	1.000			
20RL91S	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		
20RL91SC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	
20RL91T	0.000	0.000	0.047	0.000	0.000	0.000	1.000

Resultados de p (tabela 38) entre os tratamentos: 20:(MPa); RB: (Resfriamento Bruto); RL: (Resfriamento Lento); 91: (Dias); N: (900 °C); SC: (600 °C); S: (sem resfriamento) e T: (300 °C). $F_{(6,35)}=6423.434$.

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICES

APÊNDICE A – TABELA COM OS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)
1 Dia de reidratação													
CP 1	3,61	CP 2	2,00	CP 2	1,53	CP 2	0,00	CP 2	1,69	CP 2	-	CP 2	0,00
CP 2	3,31	CP 10	2,00	CP 10	1,38	CP 10	0,00	CP 10	1,45	CP 10	0,97	CP 10	0,00
CP 10	2,79	CP 12	2,54	CP 12	1,23	CP 12	0,00	CP 12	2,00	CP 12	1,37	CP 12	0,00
CP 19	2,67	CP 19	2,47	CP 19	1,63	CP 19	0,00	CP 19	2,01	CP 19	1,54	CP 19	0,00
CP 6	3,98	CP 6	2,96	CP 6	1,08	CP 6	0,00	CP 6	1,59	CP 6	1,30	CP 6	0,00
CP 16	3,94	CP 16	3,09	CP 16	1,66	CP 16	0,00	CP 16	1,73	CP 16	1,60	CP 16	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	3,99	CP 5	2,99	CP 5	2,17	CP 5	0,00	CP 5	2,53	CP 5	2,31	CP 5	0,00
CP 8	3,24	CP 8	2,96	CP 8	1,84	CP 8	0,00	CP 8	2,47	CP 8	2,06	CP 8	0,00
CP 13	4,35	CP 13	3,56	CP 13	2,68	CP 13	0,00	CP 13	2,79	CP 13	2,21	CP 13	0,00
CP 17	4,08	CP 17	2,88	CP 17	2,41	CP 17	0,00	CP 17	2,26	CP 17	2,31	CP 17	0,00
CP 3	3,58	CP 3	3,03	CP 1	2,01	CP 3	0,00	CP 3	2,85	CP 3	2,23	CP 3	0,00
CP 15	3,55	CP 15	2,73	CP 15	2,20	CP 15	0,00	CP 15	2,52	CP 15	2,59	CP 15	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	4,10	CP 1	2,48	CP 9	1,46	CP 4	0,00	CP 4	1,97	CP 4	2,14	CP 4	0,00
CP 9	2,92	CP 4	2,64	CP 11	1,88	CP 9	0,00	CP 9	1,72	CP 9	1,91	CP 9	0,00

CP 11	2,53	CP 9	2,51	CP 18	1,73	CP 11	0,00	CP 11	1,27	CP 11	1,96	CP 11	0,00
CP 18	3,18	CP 11	2,00	CP 20	1,61	CP 18	0,00	CP 18	0,43	-	-	CP 18	0,00
CP 7	2,49	CP 7	2,43	CP 7	1,62	CP 7	0,00	CP 7	2,00	CP 7	1,66	CP 7	0,00
CP 14	3,95	CP 18	4,00	CP 14	1,72	CP 14	0,00	CP 14	2,69	CP 14	1,46	CP 14	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE B – TABELA COM OS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)
1 Dia de reidratação													
CP 2	14,31	CP 2	12,00	CP 2	6,75	CP 9	0,00	CP 2	7,96	CP 2	3,11	CP 2	0,00
CP 10	13,09	CP 10	12,79	CP 10	7,37	CP 10	0,00	CP 10	8,01	CP 10	2,87	CP 10	0,00
CP 12	14,49	CP 12	14,12	CP 12	6,61	CP 12	0,00	CP 12	7,48	CP 12	2,86	CP 12	0,00
CP 19	10,37	CP 19	11,50	CP 19	7,55	CP 15	0,00	CP 19	9,00	CP 19	3,70	CP 19	0,00
CP 6	13,84	CP 6	12,14	CP 6	7,96	CP 17	0,00	CP 6	8,86	CP 6	4,21	CP 6	0,00
CP 16	14,73	CP 16	10,64	CP 16	8,14	CP 16	0,00	CP 16	9,11	CP 16	4,17	CP 16	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	11,24	CP 5	12,83	CP 5	7,07	CP 5	0,00	CP 5	9,17	CP 5	7,02	CP 5	0,00
CP 8	14,75	CP 8	9,81	CP 8	7,87	CP 8	0,00	CP 8	9,90	CP 8	6,88	CP 8	0,00
CP 13	14,06	CP 13	9,41	CP 13	6,56	CP 13	0,00	CP 13	-	CP 13	5,27	CP 13	0,00
CP 17	11,71	CP 17	9,46	CP 17	8,24	CP 6	0,00	CP 17	9,22	CP 17	5,82	CP 17	0,00
CP 3	-	CP 1	12,96	CP 3	7,20	CP 3	0,00	CP 3	10,12	CP 3	6,04	CP 3	0,00
CP 15	-	CP 15	11,09	CP 15	7,38	CP 19	0,00	CP 15	11,03	CP 15	5,79	CP 15	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	20,60	CP 4	9,80	CP 4	6,62	CP 4	0,00	CP 4	11,41	CP 4	7,47	CP 4	0,00
CP 9	15,73	CP 9	10,54	CP 9	7,36	CP 9	0,00	CP 9	7,32	CP 9	5,74	CP 9	0,00
CP 11	8,23	CP 11	12,67	CP 11	6,51	CP 11	0,00	CP 11	8,33	CP 11	6,61	CP 11	0,00
CP 18	10,48	CP 18	10,35	CP 18	5,10	CP 18	0,00	CP 18	12,80	CP 18	6,20	CP 18	0,00

CP 7	13,30	CP 7	12,30	CP 7	4,96	CP 7	0,00	CP 7	8,47	CP 7	5,49	CP 7	0,00
CP 14	11,32	CP 14	12,05	CP 14	6,38	CP 14	0,00	CP 14	7,85	CP 14	6,06	CP 14	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE C – TABELA COM OS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)	CPs	Resistência à Compressão (MPa)
1 Dia de reidratação													
CP 2	15,33	CP 2	11,19	CP 1	7,21	CP 2	1,45	CP 2	8,24	CP 2	3,44	CP 2	0,00
CP 10	10,82	CP 10	9,82	CP 2	8,85	CP 10	2,11	CP 10	7,36	CP 10	5,88	CP 10	0,00
CP 12	14,36	CP 12	10,92	CP 12	6,67	CP 12	1,69	CP 12	1,07	CP 12	3,78	CP 12	0,00
CP 19	12,70	CP 19	9,63	CP 19	7,77	CP 19	1,94	CP 19	6,83	CP 19	4,12	CP 19	0,00
CP 6	16,45	CP 6	12,16	CP 7	6,31	CP 6	1,95	CP 6	9,10	CP 1	4,93	CP 6	0,00
CP 16	14,64	CP 16	12,21	CP 16	6,86	CP 16	2,20	CP 16	10,79	CP 16	5,09	CP 16	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	13,35	CP 5	16,24	CP 5	9,87	CP 5	0,00	CP 5	10,55	CP 5	6,38	CP 5	0,00
CP 8	11,00	CP 8	9,26	CP 8	9,01	CP 8	0,00	CP 8	10,01	CP 8	7,05	CP 8	0,00
CP 13	11,16	CP 13	11,63	CP 13	8,27	CP 13	0,00	CP 13	11,29	CP 13	6,18	CP 13	0,00
CP 17	11,70	CP 17	10,12	CP 17	8,67	CP 17	0,00	CP 17	9,48	CP 17	5,94	CP 17	0,00
CP 3	14,96	CP 3	16,86	CP 3	6,13	CP 3	0,00	CP 3	11,74	CP 3	6,01	CP 3	0,00
CP 15	11,50	CP 15	15,17	CP 15	11,05	CP 15	0,00	CP 15	12,51	CP 15	7,46	CP 15	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	16,31	CP 4	7,32	CP 4	7,78	CP 4	0,00	CP 1	10,97	CP 4	7,94	CP 4	0,00
CP 9	8,79	CP 9	8,72	CP 9	8,03	CP 9	0,00	CP 4	10,93	CP 9	6,98	CP 9	0,00
CP 11	13,22	CP 11	12,22	CP 11	6,87	CP 11	0,00	CP 11	10,82	CP 11	5,66	CP 11	0,00

CP 18	11,12	CP 18	11,43	CP 18	7,08	CP 18	0,00	CP 18	7,40	CP 18	5,59	CP 18	0,00
CP 7	-	CP 7	10,65	CP 14	8,33	CP 7	0,00	CP 7	12,32	CP 7	8,75	CP 7	0,00
CP 14	14,25	CP 14	10,25	CP 20	6,77	CP 14	0,00	CP 14	10,33	CP 14	8,93	CP 14	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE D – TABELA COM OS RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)
1 Dia de reidratação													
CP 1	3044,07	CP 2	1157,67	CP 2	205,06	CP 2	0,00	CP 2	332,89	-	-	CP 2	0,00
CP 2	2531,80	CP 10	1338,06	CP 10	434,37	CP 10	0,00	CP 10	869,90	CP 10	380,61	CP 10	0,00
CP 10	3444,58	CP 12	2653,79	CP 12	649,90	CP 12	0,00	CP 12	525,55	CP 12	201,16	CP 12	0,00
CP 19	9773,44	CP 19	1414,39	CP 19	237,71	CP 19	0,00	CP 19	620,67	CP 19	332,24	CP 19	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	3548,12	CP 5	2500,78	CP 5	808,23	CP 5	0,00	CP 5	2567,06	CP 5	1086,34	CP 5	0,00
CP 8	2664,14	CP 8	2152,21	CP 8	721,90	CP 8	0,00	CP 8	2084,64	CP 8	1069,42	CP 8	0,00
CP 13	4344,85	CP 13	2174,43	CP 13	935,45	CP 13	0,00	CP 13	3044,88	CP 13	1468,86	CP 13	0,00
CP 17	2880,54	CP 17	2606,46	CP 17	929,01	CP 17	0,00	CP 17	1664,85	CP 17	1310,74	CP 17	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	2645,45	CP 1	1661,11	CP 9	980,50	CP 4	0,00	CP 4	1418,90	CP 4	784,02	CP 4	0,00
CP 9	2625,48	CP 4	1903,47	CP 11	851,92	CP 9	0,00	CP 9	1859,93	CP 9	493,89	CP 9	0,00
CP 11	2839,31	CP 9	1471,84	CP 18	789,15	CP 11	0,00	CP 11	1492,31	CP 11	873,16	CP 11	0,00
CP 18	2603,52	CP 11	1385,04	CP 20	1166,01	CP 18	0,00	CP 18	103,81	-	-	CP 18	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE E – TABELA COM OS RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)
1 Dia de reidratação													
CP 2	5236,00	CP 2	3235,12	CP 2	2066,20	CP 9	0,00	CP 2	3326,72	CP 2	1413,93	CP 2	0,00
CP 10	6291,93	CP 10	4905,39	CP 10	2216,54	CP 10	0,00	CP 10	3810,79	CP 10	2199,67	CP 10	0,00
CP 12	4422,05	CP 12	5350,65	CP 12	2175,35	CP 12	0,00	CP 12	3305,70	CP 12	1385,52	CP 12	0,00
CP 19	4112,78	CP 19	3617,67	CP 19	2234,20	CP 15	0,00	CP 19	3803,44	CP 19	1397,87	CP 19	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	6954,32	CP 5	6881,26	CP 5	1551,84	CP 5	0,00	CP 5	4040,03	CP 5	1642,32	CP 5	0,00
CP 8	10812,32	CP 8	17148,42	CP 8	2326,73	CP 8	0,00	CP 8	3048,66	CP 8	1885,41	CP 8	0,00
CP 13	9423,44	CP 13	9272,56	CP 13	1485,24	CP 13	0,00	CP 13	-	CP 13	1384,20	CP 13	0,00
CP 17	7251,78	CP 17	7909,95	CP 17	2036,38	CP 6	0,00	CP 17	3397,39	CP 17	1494,07	CP 17	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	11558,37	CP 4	3106,13	CP 4	4077,84	CP 4	0,00	CP 4	2563,05	CP 4	1962,22	CP 4	0,00
CP 9	3395,23	CP 9	4024,83	CP 9	2133,98	CP 9	0,00	CP 9	3750,68	CP 9	1387,10	CP 9	0,00
CP 11	6299,91	CP 11	3481,72	CP 11	1947,32	CP 11	0,00	CP 11	3536,42	CP 11	2048,22	CP 11	0,00
CP 18	5164,47	CP 18	4871,43	CP 18	4926,36	CP 18	0,00	CP 18	5252,81	CP 18	1352,90	CP 18	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE F – TABELA COM OS RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)	CPs	Mód. Elast. Estático (MPa)
1 Dia de reidratação													
CP 2	8176,56	CP 2	5222,58	CP 1	3216,20	CP 2	719,86	CP 2	4436,63	CP 2	754,99	CP 2	0,00
CP 10	6383,79	CP 10	4467,09	CP 2	2527,24	CP 10	843,11	CP 10	2952,51	CP 10	2213,09	CP 10	0,00
CP 12	5542,35	CP 12	5162,88	CP 12	2141,72	CP 12	588,56	CP 12	3542,86	CP 12	895,15	CP 12	0,00
CP 19	6822,66	CP 19	3813,29	CP 19	2348,04	CP 19	967,69	CP 19	5194,15	CP 19	1211,52	CP 19	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	5657,86	CP 5	5796,22	CP 5	2650,47	CP 5	0,00	CP 5	3069,93	CP 5	2000,74	CP 5	0,00
CP 8	7799,64	CP 8	2686,37	CP 8	2222,56	CP 8	0,00	CP 8	4772,53	CP 8	1627,24	CP 8	0,00
CP 13	7038,17	CP 13	3835,94	CP 13	2265,32	CP 13	0,00	CP 13	4961,27	CP 13	1636,45	CP 13	0,00
CP 17	5694,96	CP 17	2048,26	CP 17	3183,41	CP 17	0,00	CP 17	6855,18	CP 17	2291,95	CP 17	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	6565,17	CP 4	5094,91	CP 4	2002,70	CP 4	0,00	CP 1	3354,16	CP 4	2235,40	CP 4	0,00
CP 9	7802,37	CP 9	4017,47	CP 9	3906,61	CP 9	0,00	CP 4	3944,39	CP 9	3348,32	CP 9	0,00
CP 11	13845,16	CP 11	11548,17	CP 11	2510,91	CP 11	0,00	CP 11	12303,20	CP 11	2906,47	CP 11	0,00
CP 18	6918,05	CP 18	4117,41	CP 18	4052,58	CP 18	0,00	CP 18	5340,18	CP 18	3661,68	CP 18	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE G – TABELA COM OS RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 4 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)
1 Dia de reidratação													
CP 1	10,43	CP 2	7,55	CP 2	2,72	CP 2	0,01	CP 2	6,32	-	-	CP 2	0,00
CP 2	11,63	CP 10	6,65	CP 10	2,54	CP 10	0,11	CP 10	5,42	CP 10	3,15	CP 10	0,00
CP 10	9,89	CP 12	7,07	CP 12	2,76	CP 12	0,10	CP 12	6,72	CP 12	2,64	CP 12	0,00
CP 19	10,15	CP 19	6,24	CP 19	2,44	CP 19	0,09	CP 19	5,76	CP 19	3,07	CP 19	0,00
CP 6	10,64	CP 6	6,66	CP 6	2,26	CP 6	0,09	CP 6	5,84	CP 6	2,40	CP 6	0,00
CP 16	10,48	CP 16	6,94	CP 16	2,66	CP 16	0,14	CP 16	6,36	CP 16	3,64	CP 16	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	11,27	CP 5	7,06	CP 5	3,31	CP 5	0,00	CP 5	7,52	CP 5	4,94	CP 5	0,00
CP 8	10,05	CP 8	7,25	CP 8	2,91	CP 8	0,00	CP 8	6,95	CP 8	4,83	CP 8	0,00
CP 13	10,84	CP 13	7,29	CP 13	3,67	CP 13	0,00	CP 13	7,05	CP 13	5,12	CP 13	0,00
CP 17	10,36	CP 17	7,60	CP 17	3,18	CP 17	0,00	CP 17	6,63	CP 17	4,99	CP 17	0,00
CP 3	10,20	CP 3	7,33	CP 1	3,34	CP 3	0,00	CP 3	6,85	CP 3	5,07	CP 3	0,00
CP 15	10,14	CP 15	7,34	CP 15	3,31	CP 15	0,00	CP 15	6,93	CP 15	5,69	CP 15	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	11,54	CP 1	6,86	CP 9	3,16	CP 4	0,00	CP 4	6,75	CP 4	5,57	CP 4	0,00
CP 9	10,23	CP 4	7,47	CP 11	3,29	CP 9	0,00	CP 9	6,29	CP 9	4,04	CP 9	0,00
CP 11	9,93	CP 9	7,57	CP 18	3,01	CP 11	0,00	CP 11	6,53	CP 11	3,89	CP 11	0,00
CP 18	10,11	CP 11	6,88	CP 20	2,91	CP 18	0,00	CP 18	6,83	-	-	CP 18	0,00

CP 7	10,08	CP 7	7,52	CP 7	3,35	CP 7	0,00	CP 7	6,50	CP 7	4,47	CP 7	0,00
CP 14	10,90	CP 18	8,15	CP 14	3,52	CP 14	0,00	CP 14	6,96	CP 14	4,79	CP 14	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE H – TABELA COM OS RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 12 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)
1 Dia de reidratação													
CP 2	18,45	CP 2	10,62	CP 2	4,01	CP 9	0,08	CP 2	11,10	CP 2	5,30	CP 2	0,00
CP 10	18,85	CP 10	10,47	CP 10	5,07	CP 10	0,05	CP 10	11,66	CP 10	6,51	CP 10	0,00
CP 12	17,74	CP 12	10,88	CP 12	4,68	CP 12	0,09	CP 12	13,62	CP 12	6,10	CP 12	0,00
CP 19	18,05	CP 19	10,40	CP 19	4,84	CP 15	0,09	CP 19	12,08	CP 19	5,81	CP 19	0,00
CP 6	19,11	CP 6	10,51	CP 6	4,45	CP 17	0,09	CP 6	11,25	CP 6	5,98	CP 6	0,00
CP 16	18,94	CP 16	10,86	CP 16	4,62	CP 16	0,09	CP 16	12,53	CP 16	6,19	CP 16	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	19,10	CP 5	12,85	CP 5	4,93	CP 5	0,00	CP 5	13,81	CP 5	10,02	CP 5	0,00
CP 8	19,10	CP 8	11,47	CP 8	5,59	CP 8	0,00	CP 8	13,52	CP 8	9,76	CP 8	0,00
CP 13	18,81	CP 13	12,13	CP 13	4,94	CP 13	0,00	CP 13	-	CP 13	9,82	CP 13	0,00
CP 17	19,19	CP 17	12,43	CP 17	5,21	CP 6	0,00	CP 17	13,49	CP 17	8,92	CP 17	0,00
CP 3	19,39	CP 1	12,27	CP 3	4,75	CP 3	0,00	CP 3	12,88	CP 3	9,23	CP 3	0,00
CP 15	17,97	CP 15	13,29	CP 15	4,76	CP 19	0,00	CP 15	13,26	CP 15	9,68	CP 15	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	19,72	CP 4	14,92	CP 4	6,90	CP 4	0,00	CP 4	13,63	CP 4	9,04	CP 4	0,00
CP 9	19,25	CP 9	14,38	CP 9	6,44	CP 9	0,00	CP 9	14,08	CP 9	10,28	CP 9	0,00
CP 11	18,02	CP 11	15,05	CP 11	6,53	CP 11	0,00	CP 11	14,32	CP 11	10,72	CP 11	0,00

CP 18	17,35	CP 18	15,06	CP 18	7,29	CP 18	0,00	CP 18	14,17	CP 18	9,69	CP 18	0,00
CP 7	20,19	CP 7	13,25	CP 7	6,08	CP 7	0,00	CP 7	14,18	CP 7	10,16	CP 7	0,00
CP 14	19,63	CP 14	14,31	CP 14	5,82	CP 14	0,00	CP 14	11,99	CP 14	9,93	CP 14	0,00

Fonte: Autor, (2022).

APÊNDICE I – TABELA COM OS RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO PARA CADA CORPO DE PROVA PARA ARGAMASSA COM RESISTÊNCIA NOMINAL DE 20 MPa.

CPs Referência		300 °C (RL)		600 °C (RL)		900 °C (RL)		300 °C (RB)		600 °C (RB)		900 °C (RB)	
CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)	CPs	Mód. Elast. Dinâmico (GPa)
1 Dia de reidratação													
CP 2	19,53	CP 2	10,63	CP 1	6,15	CP 2	1,74	CP 2	12,85	CP 2	5,38	CP 2	0,00
CP 10	17,78	CP 10	11,83	CP 2	5,55	CP 10	2,37	CP 10	14,58	CP 10	7,06	CP 10	0,00
CP 12	19,32	CP 12	11,02	CP 12	6,36	CP 12	1,86	CP 12	14,42	CP 12	7,38	CP 12	0,00
CP 19	18,83	CP 19	11,59	CP 19	5,85	CP 19	2,52	CP 19	12,84	CP 19	7,02	CP 19	0,00
CP 6	19,24	CP 6	11,15	CP 7	5,73	CP 6	2,08	CP 6	12,34	CP 1	5,90	CP 6	0,00
CP 16	18,99	CP 16	11,52	CP 16	5,84	CP 16	1,99	CP 16	13,39	CP 16	6,18	CP 16	0,00
28 Dias de reidratação													
CP 5	19,88	CP 5	11,61	CP 5	6,77	CP 5	0,00	CP 5	15,21	CP 5	9,92	CP 5	0,00
CP 8	18,83	CP 8	11,67	CP 8	6,25	CP 8	0,00	CP 8	15,41	CP 8	9,65	CP 8	0,00
CP 13	18,99	CP 13	11,83	CP 13	6,65	CP 13	0,00	CP 13	15,23	CP 13	9,89	CP 13	0,00
CP 17	19,71	CP 17	12,64	CP 17	7,25	CP 17	0,00	CP 17	15,72	CP 17	10,56	CP 17	0,00
CP 3	20,41	CP 3	13,16	CP 3	-	CP 3	0,00	CP 3	14,93	CP 3	9,92	CP 3	0,00
CP 15	19,18	CP 15	12,14	CP 15	6,47	CP 15	0,00	CP 15	14,37	CP 15	10,65	CP 15	0,00
91 Dias de reidratação													
CP 4	20,10	CP 4	12,99	CP 4	8,49	CP 4	0,00	CP 1	15,71	CP 4	10,66	CP 4	0,00
CP 9	20,76	CP 9	13,52	CP 9	8,91	CP 9	0,00	CP 4	15,31	CP 9	11,24	CP 9	0,00
CP 11	21,05	CP 11	14,48	CP 11	8,01	CP 11	0,00	CP 11	16,51	CP 11	9,73	CP 11	0,00
CP 18	20,34	CP 18	15,06	CP 18	8,72	CP 18	0,00	CP 18	14,52	CP 18	12,67	CP 18	0,00

CP 7	21,35	CP 7	14,48	CP 14	8,33	CP 7	0,00	CP 7	16,10	CP 7	10,75	CP 7	0,00
CP 14	21,37	CP 14	14,89	CP 20	8,97	CP 14	0,00	CP 14	14,94	CP 14	11,44	CP 14	0,00

Fonte: Autor, (2022).

**APÊNDICE J – TABELA DE TESTE ESTATÍSTICO DE ANÁLISE DE
CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA)**

Numeração (Médias dos CPs)	Resistência nominal	Método de resfriamento	Temperatura de aquecimento	Período de reidratação
1	4 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	1 Dia
2	4 MPa	Resfriamento lento	300 °C	1 Dia
3	4 MPa	Resfriamento lento	600 °C	1 Dia
4	4 MPa	Resfriamento lento	900 °C	1 Dia
5	4 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	1 Dia
6	4 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	1 Dia
7	4 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	1 Dia
8	4 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	28 Dias
9	4 MPa	Resfriamento lento	300 °C	28 Dias
10	4 MPa	Resfriamento lento	600 °C	28 Dias
11	4 MPa	Resfriamento lento	900 °C	28 Dias
12	4 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	28 Dias
13	4 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	28 Dias
14	4 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	28 Dias
15	4 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	91 Dias
16	4 MPa	Resfriamento lento	300 °C	91 Dias
17	4 MPa	Resfriamento lento	600 °C	91 Dias
18	4 MPa	Resfriamento lento	900 °C	91 Dias
19	4 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	91 Dias
20	4 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	91 Dias
21	4 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	91 Dias
22	12 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	1 Dia
23	12 MPa	Resfriamento lento	300 °C	1 Dia
24	12 MPa	Resfriamento lento	600 °C	1 Dia
25	12 MPa	Resfriamento lento	900 °C	1 Dia
26	12 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	1 Dia
27	12 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	1 Dia
28	12 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	1 Dia
29	12 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	28 Dias
30	12 MPa	Resfriamento lento	300 °C	28 Dias
31	12 MPa	Resfriamento lento	600 °C	28 Dias
32	12 MPa	Resfriamento lento	900 °C	28 Dias
33	12 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	28 Dias
34	12 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	28 Dias
35	12 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	28 Dias
36	12 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	91 Dias
37	12 MPa	Resfriamento lento	300 °C	91 Dias

38	12 MPa	Resfriamento lento	600 °C	91 Dias
39	12 MPa	Resfriamento lento	900 °C	91 Dias
40	12 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	91 Dias
41	12 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	91 Dias
42	12 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	91 Dias
43	20 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	1 Dia
44	20 MPa	Resfriamento lento	300 °C	1 Dia
45	20 MPa	Resfriamento lento	600 °C	1 Dia
46	20 MPa	Resfriamento lento	900 °C	1 Dia
47	20 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	1 Dia
48	20 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	1 Dia
49	20 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	1 Dia
50	20 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	28 Dias
51	20 MPa	Resfriamento lento	300 °C	28 Dias
52	20 MPa	Resfriamento lento	600 °C	28 Dias
53	20 MPa	Resfriamento lento	900 °C	28 Dias
54	20 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	28 Dias
55	20 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	28 Dias
56	20 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	28 Dias
57	20 MPa	Sem aquecimento	CPs de referência	91 Dias
58	20 MPa	Resfriamento lento	300 °C	91 Dias
59	20 MPa	Resfriamento lento	600 °C	91 Dias
60	20 MPa	Resfriamento lento	900 °C	91 Dias
61	20 MPa	Resfriamento brusco	300 °C	91 Dias
62	20 MPa	Resfriamento brusco	600 °C	91 Dias
63	20 MPa	Resfriamento brusco	900 °C	91 Dias

Fonte: Autor, (2022).