



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Antônio Arthur Cavalcanti de Miranda Coelho

ESTUDOS DO COMPORTAMENTO DAS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO EM
BLOCOS CERÂMICOS, SUBMETIDOS A ELEVADAS TEMPERATURAS

RECIFE
2017

Antônio Arthur Cavalcanti de Miranda Coelho

**ESTUDOS DO COMPORTAMENTO DAS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO EM
BLOCOS CERÂMICOS, SUBMETIDOS A ELEVADAS TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos de obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.
Área de Concentração: Estruturas.

Orientador Interno: Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro
Orientador Externo: Prof. Dr. José Jefferson do Rego Silva

**RECIFE
2017**

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

C672e

Coelho, Antônio Arthur Cavalcanti de Miranda.

Estudos do comportamento das alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, submetidos a elevadas temperaturas/Antônio Arthur Cavalcanti de Miranda Coelho.- 2017.
148folhas, il., tabs. e siglas.

Orientador Interno: Prof.Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro.

Orientador Externo: Prof. Dr. José Jefferson do Rego Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

Inclui Referências e Apêndices.

1.Engenharia Civil. 2.Alvenarias de vedação.3.Bloco cerâmico. 4. Incêndio.
5. Argamassa. 6. Resistência ao fogo. 7. Resfriamento lento. 8. Resfriamento brusco.
I.Carneiro, Arnaldo Manoel Pereira(Orientador Interno).II.Silva, José Jefferson do Rego
(Orientador Externo). III. Título.

UFPE

624CDD (22. ed.) BCTG/2018-84

ESTUDOS DO COMPORTAMENTO DAS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO EM
BLOCOS CERÂMICOS, SUBMETIDOS A ELEVADAS TEMPERATURAS.

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Federal de
Pernambuco, como parte dos requisitos
de obtenção do título de Mestre em
Engenharia Civil.

APROVADO: 17/02/2017

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro (UFPE)
(Orientador Interno)

Prof. Dr. Prof. José Jefferson do Rego Silva
(Orientador Externo)

Prof. Dr. Tiago Anselmo Pires(UFPE)
(Avaliador Interno)

Prof. Dr. Romilde de Oliveira Almeida(UFPE)
(Avaliador Externo)

RECIFE
2017

Dedico este trabalho, as pessoas que se tornaram fonte inspiradora para que ao longo de uma jornada exaustiva e cheias de obstáculos, eu vou levá-las sempre em minha memória e no meu coração, elas são o combustível da minha vitória, a quem detenho todo o respeito e devo toda honra e satisfação em tê-las ao meu lado. Dedico em primeiro lugar a toda equipe que comigo, uniu forças mutuamente para que esse sonho tenha se tornado realidade, porque sozinho ninguém chegaria em lugar algum. Foi com muita dedicação, lutando dia após dia, a frente de um trabalho inovador, o professor Drº José Jefferson do Rego Silva, merece toda a admiração pelo seu empenho de trabalhar e idealizar junto a mim esse projeto tão prazeroso. Dedico acima de tudo a minha família, em especial minha mãe Maria das Graças Cavalcanti de Miranda Coelho e meu pai, Pedro Celso de Miranda Coelho, que me deram base, apoio e com muita humildade e educação souberam torna meus sonhos uma realidade sem se deixar derrubar ou ser derrubado por nada nem ninguém. Dedico em memória a minha avó Luzinete de Melo Cavalcanti, que sempre me ensinou a base fundamental de saber viver a vida amando e respeitando o próximo.

AGRADECIMENTO

Agradeço, de antemão a todos aqueles que direta e indiretamente fizeram desse projeto, uma realidade possível de se concretizar. É bem verdade que foram inúmeras as pessoas que juntos compartilharam forças e me incentivaram nessa caminhada, mas queria deixar meu agradecimento a algumas em especial:

1. Ao professor Dr. Jose Jeferson do Rego silva, a quem me incentivou desde os princípios, a fazer mestrado e me mostrar o potencial que juntos tínhamos para conseguir tornar um tema inovador um resultado real;
2. A empresa Alca Engenharia, a quem me deu todo suporte e liberdade para dividir dia a dia os estudos e o trabalho, além de contribuir no meu desenvolvimento profissional.
3. Aos meus pais, Pedro Celso e Maria das Graças, a quem me foi dado o suporte e base familiar necessária para percorrer toda essa jornada de dificuldade e muitos obstáculos;
4. A minha família como um todo que sempre acreditou e me deu forças em todas as horas difíceis.
5. A minha psicóloga Renata Lima, a quem soube dosar a paciência, me escutar e me mostrar os caminhos com as melhores soluções para vencer todos os desafios me foram impostos.
6. A todos os meus amigos e colegas que sempre me lembravam do meu potencial e que nunca me deixaram perder a fé, em especial Igor Bezerra Nunes, que me ajudou com todos seus ensinamentos.
7. Aos companheiros de mestrado Iago, Thiago e Mayara que na batalha do dia a dia souberam dividir e juntos encontrar soluções. E principalmente ao técnico Ezequiel, que com toda paciência e cautela, sempre me deu assistência e apoio necessário no laboratório.

“Todo desafio, seja ele qual for, que esteja em suas mãos, não importa quem lhe deu, não importa como chegou até você, nunca não ouse ignorá-lo e lhes dar as costas, nele você poderá encontrar os maiores e melhores aprendizados de sua vida e fazei de você um homem digno de suas palavras”

(Antonio Arthur Cavalcanti de Miranda Coelho)

“Mais um minuto de empenho e mil problemas são resolvidos ”

A.A.C.M.C

RESUMO

Coelho, A. A. C. M. **Estudo do comportamento das alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, submetidos a elevadas temperaturas**, 2017. Dissertação de Mestrado - UFPE, Recife, 2017.

A dissertação versa sobre comportamento mecânico de bloco cerâmico e argamassa, usualmente empregados nas alvenarias de vedação, quando submetidos a elevadas temperaturas decorrentes da ocorrência de incêndios. Constata-se que a literatura sobre estes materiais submetidos a fogo ainda é escassa, com poucos resultados experimentais, principalmente no Brasil. As novas exigências técnicas para o bom desempenho das alvenarias de vedação e estrutural na situação de incêndio indicam a importância do trabalho, uma vez que ainda não estão estabelecidas no Brasil prescrições normativas para projeto e execução das alvenarias construídas com esses materiais, para proporcionarem segurança contra incêndio, sendo necessário conhecer o comportamento termo mecânico destes materiais. O trabalho tem como objetivo avaliar a resistência mecânica residual de blocos cerâmicos e argamassas, após serem submetidos a altas temperaturas e resfriados e avaliar o comportamento das paredes rebocadas e não rebocadas quando submetidas a altas temperaturas. Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas séries de ensaios de resistência à compressão nos seguintes corpos de prova: bloco cerâmico (9x19x19cm), prismas (compostos de 2 (dois) blocos cerâmicos, sobrepostos e assentados com argamassa de cimento) e barras prismáticas (4x4x16cm) de argamassa de cimento. Nestas séries de ensaios foram considerados 5 (cinco) níveis de temperatura (200°C, 300°C, 400°C, 500°C e 600°C). Também foram ensaiadas 6 (seis) mini-paredes (1,50x1,50m), submetida a elevadas temperaturas. A dissertação apresenta resultados da resistência à compressão residual dos blocos, prismas e argamassa, com dois diferentes tipos de resfriamento (lento e brusco) e ainda aquecidos, tipos de ruptura e módulos de elasticidade. Nos resultados, concluiu-se que a espessura de 1 cm de reboco nas paredes, permite aproximadamente mais 10 minutos de resistência ao fogo e que em caso de incêndio, o resfriamento mais adequado para esse tipo de parede, é o lento, pois apresenta um menor decaimento de resistência.

Palavras-chave: Alvenarias de vedação. Bloco cerâmico. Incêndio. Argamassa. Resistência ao fogo. Resfriamento lento. Resfriamento brusco.

ABSTRACT

Coelho, A. A. C. M. **Resistência de alvenarias vedação com blocos cerâmicos em elevadas temperaturas**, 2017. Tese de Mestrado- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

The dissertation deals with the mechanical behavior of ceramic block and mortar, usually used in sealing masonry, when subjected to high temperatures due to the occurrence of fires. It is observed that the literature on these materials submitted to fire is still scarce, with few experimental results, mainly in Brazil. The new technical requirements for the good performance of the structural and masonry in the fire situation indicate the importance of the work, since there are not yet established in Brazil normative prescriptions for the design and execution of the masonry built with these materials, to provide security against Fire, and it is necessary to know the thermo mechanical behavior of these materials. The objective of this work is to evaluate the mechanical strength of ceramic blocks and mortars after being submitted to high temperatures and cooled and to evaluate the behavior of towed and non-plastered walls when subjected to high temperatures. For the development of the research, a series of compressive strength tests were carried out on the following specimens: ceramic block (9x19x19cm), prisms (composed of two (two) ceramic blocks, superimposed and seated with cement mortar) and prismatic bars (4x4x16cm) Of cement mortar. In these series of tests were considered 5 (five) temperature levels (200 ° C, 300 ° C, 400 ° C, 500 ° C and 600 ° C). Six (6) mini-walls (1.50x1.50m) were also tested, subjected to high temperatures. The dissertation presents results of the resistance to the residual compression of the blocks, prisms and mortar, with two different types of cooling (slow and abrupt) and still heated, types of rupture and modulus of elasticity. In the results, it was concluded that the thickness of 1 cm of plaster in the walls, allows approximately 10 minutes of resistance to fire and that in the case of fire, the most adequate cooling for this type of wall, is the slow, because it presents a Lower resistance decay..

Keywords: Masonry. Ceramic block. Fire. Mortar. Fire resistance. Slow cooling. Abrupt cooling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Modelo de bloco usado por Saada (2006)	23
Figura 2- Modelo de parede, utilizado nos ensaios de Saada (2006)	23
Figura 3- Posição dos termopares, utilizados nos ensaios de Saada (2006).....	23
Figura 4- Resultados das leituras dos termopares em comparação com a curva ISO, nos ensaios de Saada (2006).....	24
Figura 5- Layout do compartimento em paredes com e sem revestimento e ambos sem preenchimento, Rosemann (2011).....	26
Figura 6- Layout do compartimento em paredes com e sem revestimentos e ambos com preenchimento, Rosemann (2011).....	26
Figura 7- Layout das locações dos queimadores nos compartimentos, Rosemann (2011).	27
Figura 8- Layout das locações dos termopares nas paredes, Rosemann (2011)	27
Figura 9- Bloco e Prisma utilizados nos ensaios de Rigão (2012).	28
Figura 10- Modelo de pequenas paredes, utilizado nos ensaios de Rigão (2012).....	29
Figura 11- Locação dos termopares para as leituras das temperaturas na face opostas a exposição do fogo, nos ensaios de Rigão (2012)	29
Figura 12- Comportamento da curva de aquecimento com relação a curva padrão, Rigão (2012).....	30
Figura 13- Posição dos termopares nas paredes ensaiadas por Wu (2014).....	30
Figura 14- Modelo de parede ensaiada por Wu (2014).....	31
Figura 15- Resultados dos ensaios das paredes feitos por Wu (2014)	31
Figura 16- Comparativo com outros blocos, conclusão feita por Wu (2014)	31
Figura 17- Amostras de argamassa ensaiadas a 900°C, por Culfik (2001)	33
Figura 18- Análise gráfica dos resultados em argamassas G0, feito por Culfik (2001).....	34
Figura 19- Resultados das resistências de compressão e flexão, em resfriamento lento e brusco, das argamassas ensaiadas por Yuzer (2001)	35
Figura 20- Resultados gráficos, do módulo de elasticidade de argamassa G0, feito por Culfik(2001).....	37
Figura 21- Resultados gráficos, do módulo de elasticidade de argamassa G5, Culfik(2001).....	38
Figura 22- Gráfico comparativo dos módulos de elasticidade em elevadas temperaturas de vários tipos de blocos, Sciarreta (2012)	38
Figura 23- Argamassa aplicada plenamente e aplicada apenas nas bordas externas, Maas (2004).	42
Figura 24- Modelo do bloco escolhido (9,0 x 9,0 x 19,0 cm)	44
Figura 25- Valores de aprovação para resistência a compressão em blocos cerâmicos de vedação.....	45
Figura 26- Prensa Hidráulica, ensaios a compressão.	49
Figura 27: Modelo de resultado aferido pelo software Partner.	50
Figura 28- Forno Elétrico.....	50
Figura 29- Adequação no forno elétrico para ensaios de blocos.....	51
Figura 30- Forno elétrico, utilizado para ensaios de pequenas paredes.	52
Figura 31- Prensa hidráulico manual para ensaios de flexão e compressão em argamassas.	
Fonte:	
http://www.solotest.com.br/novo/upload/pdfCatalogo/Catalogo_SOLOTEST_Cimento.pdf	52

Figura 32: Dispositivos Rilen. Fonte: http://www.solotest.com.br/novo/upload/pdfCatalogo/Catalogo_SOLOTEST_Cimento.pdf	53
Figura 33- Distribuição dos blocos no forno.....	55
Figura 34- Blocos após capeamento esperando para serem ensaiados.....	57
Figura 35- Numeração dos blocos e pesagem dos blocos.	57
Figura 36- Blocos rompidos a quente	60
Figura 37- Prismas rompidos a quente.....	60
Figura 38- Bloco e Prismas postos em água depois de aquecidos	61
Figura 39- Blocos e Prismas retirados de água após 24 horas submersas.	61
Figura 40- Prisma após sofrer resfriamento brusco.....	62
Figura 41- Blocos rompidos bruscamente.....	62
Figura 42- Prismas rompidos bruscamente	62
Figura 43- Blocos e Prismas resfriando em temperatura ambiente após aquecimento.	63
Figura 44- Blocos rompidos lentamente	64
Figura 45- Prismas rompidos lentamente.....	64
Figura 46- Corpo de prova, utilizado para medir as temperaturas do forno.....	65
Figura 47- Layout dos ensaios de argamassa industrializada em elevadas temperaturas	65
Figura 48- Início de construção das alvenarias de vedação	66
Figura 49- Finalização da construção das alvenarias, aguardando os 28 dias cura.....	67
Figura 50- Locação dos termopares na parede, na superfície oposta ao fogo.	68
Figura 51- Fixação dos termopares externos, na parte superior e inferior, da face exposta ao fogo.	68
Figura 52- Primeiras fissuras apareciam em média após 15 minutos de aquecimento.	69
Figura 53- Parede 1, após ensaio.....	126
Figura 54- Parede 2, após ensaio.....	127
Figura 55- Parede 3, durante o ensaio.	127
Figura 56- Parede 3, após ensaio.....	128
Figura 57- Parede 4, após ensaio.....	128
Figura 58- Parede 5, após ensaio.....	129
Figura 59- Parede 6, após ensaio.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo das informações básicas dos ensaios em 4 paredes.....	24
Tabela 2- Blocos utilizados em cada parede:	25
Tabela 3- Resultados dos prismas ensaiados a compressão, depois de submetidos a elevadas temperaturas, ensaiados por Rigão (2012).	28
Tabela 4- Resumo dos estudos de alvenarias submetidas ao fogo, fonte: Autor.....	32
Tabela 5- Resultados dos ensaios de compressão e flexão nas argamassas em elevadas temperaturas, feito por Rigão (2012)	35
Tabela 6- Resultado da redução de massa nas argamassas, quando submetidas a elevadas temperaturas, ensaiadas por Rigão (2012)	36
Tabela 7- Resumo dos estudos de argamassas submetidas a elevadas temperaturas, fonte: autor.	36
Tabela 8- Pesquisas feitas com o uso de Prismas em blocos cerâmicos e bloco de concreto, fonte: Autor.	40
Tabela 9- Tipos de blocos cerâmicos de vedação	44
Tabela 10- Informações técnicas da argamassa para assentamento.	45
Tabela 11- Dados da argamassa de assentamento.....	45
Tabela 12- Classificação geral da argamassa industrializada de assentamento	46
Tabela 13- Informações técnicas da argamassa para revestimento.	47
Tabela 14- Dados da argamassa	47
Tabela 15- Classificação Geral da Argamassa Industrializada de Revestimento.....	48
Tabela 16- Resumo dos ensaios experimentais.	53
Tabela 17- Comparativo de método de ensaio de resistência a compressão pelas normas Brasileiras, Européia e Americana	56
Tabela 18- Configuração do Forno	59
Tabela 19- Métodos utilizados na análise estatísticas dos resultados	69
Tabela 20- Resultado dos Blocos conforme NBR 15270-3	72
Tabela 21- Resultados a compressão segunda as normas NBR, EUROCODE e ASTM.....	73
Tabela 22- Resultados de compressão em prismas submetido a elevadas temperaturas.....	82
Tabela 23- Ganho e perda (%) de massa dos ensaios de argamassa	83
Tabela 24- Resultados de ensaios a flexão em argamassa aos 7 dias.....	84
Tabela 25- Resultados de ensaio a compressão em argamassa aos 7 dias	85
Tabela 26- Resultados de resistência média a compressão média das argamassas (MPa).....	85
Tabela 27- Legenda da numeração e tipos de paredes ensaiadas	87
Tabela 28- Resumo de resultados de módulo de elasticidade em blocos e paredes.....	105
Tabela 29- Estimativa de módulos de elasticidade dos ensaios de bloco.....	107
Tabela 30- Média dos módulos de elasticidade dos blocos em elevadas temperaturas	107
Tabela 31- Tipos de ruptura em blocos cerâmicos de vedação	111
Tabela 32- Resumo de resultados de módulo de elasticidade em prismas de 2 e 3 blocos.	115
Tabela 33- Estimativa dos módulos de elasticidade em temperatura ambiente.	116
Tabela 34- Resultado dos módulos de elasticidade de prismas.....	116
Tabela 35- Valores críticos para o teste de Dixon.....	130
Tabela 36- Valores críticos para o teste de Chauvenet	130
Tabela 37- Layout das fissuras em cada parede, na face interna e externa.	141
Tabela 38-Resumo dos resultados de eficiência na literatura, fonte: Autor.....	144

Tabela 39- Eficiência dos ensaios de resfriamento quente.....	146
Tabela 40- Eficiência dos ensaios e resfriamento lento.	146
Tabela 41- Eficiência dos ensaios de resfriamento brusco.....	146
Tabela 42- Resumo das eficiências por resfriamento ao longo das temperaturas.	146

LISTA DE SIGLAS

- ASTM – American Specification of Testing and Materials
- CM- Centímetro
- C.P- Corpo de Prova
- C.P’S- Corpos de Prova
- E.P.S- Poliestireno Expandido
- Fcb- Resistência a compressão de blocos cerâmicos
- Fcp- Resistência a compressão de prismas
- ISO-International Organization for Standardization
- KN-Quilonewton
- M- Metro
- MPa- Mega Pascal
- N.B.R- Norma Brasileira
- R²- coeficiente de determinação
- S.I- Sistema Internacional
- Ton- Toneladas
- U.F.P.E- Universidade Federal de Pernambuco

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA	17
1.2	OBJETIVO GERAL	19
1.3	OBJETIVO ESPECIFICO	19
2	REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS	21
2.1	ESTUDOS SOBRE ALVENARIAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	21
2.2	ESTUDOS SOBRE ARGAMASSAS SUBMETIDAS A ELEVADAS TEMPERATURAS.....	33
2.3	MÓDULO DE ELASTICIDADE DE BLOCOS E ARGAMASSAS SUBMETIDOS Á ELEVADAS TEMPERATURAS.....	37
2.4	PRISMAS.....	39
2.4.1	Estudo sobre ensaios em prisma.....	39
2.4.2	Assentamento de prismas	41
3	MATERIAS E METODOS UTILIZADO	43
3.1	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	43
3.1.1	Blocos cerâmicos de vedação.....	43
3.1.2	Argamassa industrializada de assentamento em alvenarias de vedação	45
3.1.3	Argamassa de revestimento.....	47
3.1.4	Prensa hidráulica	49
3.1.5	Fornos.....	50
3.1.6	Prensa hidráulica manual	52
3.2	MÉTODOS DE ENSAIOS UTILIZADOS.....	53
3.2.1	Fase pré-teste.....	54
3.2.2	Fases do ensaio em blocos e prisma.....	56
3.2.3	Fases do ensaio em argamassa de assentamento	64
3.2.4	Fases do ensaio em alvenaria	66
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	69
3.3.1	Método de Dixon.....	69
3.3.2	Método de Chauvenet.....	70
3.3.3	Método de escore z modificado	71
4	RESULTADOS DE ENSAIOS EM BLOCOS, PRISMA E ALVENARIA	72
4.1	ENSAIOS EM BLOCOS CERÂMICOS	72
4.1.1	Resultado de resistência a compressão.....	74
4.1.2	Resultado de perda e ganho de massa	76

4.1.3 Taxa de aquecimento dos termopares	78
4.2 ENSAIOS EM PRISMA	79
4.2.1 Resistência a compressão	79
4.3 ENSAIO EM ARGAMASSA	83
4.3.1 Resultado de perda e ganho de massa	83
4.3.2 Resistência a compressão e flexão	84
4.4 ENSAIOS DE ALVENARIA	87
4.4.1 Análise do tempo de resistência ao fogo	87
5 CONCLUSÕES DECORRENTES NOS ENSAIOS	93
REFERÊNCIAS	98
APÊNDICE A- RESULTADOS DE BLOCOS CERÂMICOS ENSAIADOS A COMPRESSÃO	103
APÊNDICE B- RESULTADOS DOS MÓDULOS DE ELASTIIDADE DOS BLOCOS CERÂMICO	105
APÊNDICE C- RUPTURAS NOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO EM BLOCOS CERÂMICOS.....	111
APÊNDICE D- RESULTADOS DE ENSAIOS DE COMPRESSÃO EM PRISMAS DE 2 BLOCOS CERÂMICO PRISMA CERÂMICO	114
APÊNDICE E- RESULTADOS DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO EM PRISMAS DE 2 BLOCOS CERÂMICO	115
APÊNDICE F- RESULTADOS DAS LEITURAS DOS TERMOPARES	121
APÊNDICE G- RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA.....	124
APÊNDICE H- RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PAREDE.....	126
APÊNDICE I-TABELAS	130
APÊNDICE J- ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	131
APÊNDICE K- ANÁLISE DAS FISSURAS E EFICIÊNCIA	141

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Após a virada do século XXI, com o avanço da tecnologia em diversos setores no âmbito mundial, em especial nos países subdesenvolvidos, o Brasil como exemplo, um dos setores que mais evoluiu e contribuiu para o crescimento do país, foi o da Construção Civil. Com ela veio à descoberta de novas máquinas e tecnologias construtivas para alavancar uma melhora na qualidade dos produtos finais, reduzindo-se o tempo e o custo, para atender uma maior demanda da sociedade.

Dentre os avanços da construção civil, um dos assuntos que mais chama atenção, é o uso das alvenarias. Por ser uma estrutura de uso corriqueira nos principais canteiros de obra do país, as alvenarias tem como virtudes, seu poder de flexibilidade quanto a sua usabilidade. Diante disso é de suma importância, que estudos voltados para análise dessa estrutura, sejam intensificados e cada vez mais aprimorados. A dissertação volta-se para o estudo das alvenarias quando submetidas ao fogo, seu comportamento de isolamento térmico. Para se entender melhor, é bom lembrar a história da alvenaria no meio da construção civil.

Analisando as épocas pretéritas, quando o homem procurava abrigo dentro das cavernas, percebe-se a necessidade intrínseca de se criar barreiras entre os perigos do meio externo e criar um ambiente de tranquilidade e segurança. Para tal, as paredes da caverna demonstravam eficiência, papel esse assumido posteriormente pelas alvenarias das residências modernas. Isso quer significar que as diversas alvenarias hoje existentes nada mais são que um reflexo da evolução das paredes das cavernas e sua conveniência ao homem. (CYRINO, 2012)

Neste processo evolutivo, a alvenaria passou por diversas mudanças, adaptações, diversidades de materiais e de execução. Do empilhamento de rochas, utilização de adobe, taipa, matérias vegetais, argilas cozidas, vidros, passando pelas modernas paredes de gesso acartonado, dentre outras, o que se percebe é que, devido à necessidade de adaptação, não há limites ao homem para bem fazer sua alvenaria, sendo um processo sempre em desenvolvimento. Dentro do contexto histórico, constata-se que, anteriormente, a preocupação principal era com a durabilidade e não necessariamente com a resistência da alvenaria. (CYRINO, 2012).

Saada (2006) reforça que o uso das paredes em alvenarias tem muitos benefícios, pois nela se constitui um elemento que pode cumprir várias funções, do tipo: estrutural, isolamento térmico e som, proteção contra intempéries e divisão dos espaços. Do ponto de vista arquitetônico, as alvenarias apresentam vantagens por terem flexibilidade. Entretanto, ele ressalta que embora suas vantagens, as alvenarias precisam suportar as resistências ao fogo, ressaltando também, que não é só os blocos e sim todos os principais componentes da alvenaria.

Surgiram ao longo do tempo, vários fatores, como o efeito do clima, terremotos, mudanças de projetos ao longo da vida útil das edificações, acidentes de percurso, entre outros que preocupavam a resistência das alvenarias. Há dúvidas ainda no mercado da construção civil, em saber qual será o comportamento que as paredes de vedação em blocos cerâmicos, quando submetidas a elevadas temperaturas. Diante disso há pesquisas nesse sentido, que foram iniciadas há alguns anos, a fim de entender as possíveis conseqüências que uma situação de incêndio pode vir à causa nessas paredes.

OTI (2009) salientou que além das preocupações globais, o rápido ritmo de desenvolvimento tecnológico no setor de construção, também implicou para que houvesse uma maior regulamentação na construção, aplicando critérios rigorosos para o desempenho térmico dos edifícios. Dentre os materiais que se destaca pela sua flexibilidade térmica, o tijolo de argila, usados em alvenarias, aparenta ter muitos benefícios.

Nyugen (2010) observa que embora os tijolos, apesar de sua idade em comparação outros materiais de construção, tais como concreto, aço, vidro etc. (Para os quais já existem estudos em elevadas temperaturas), ainda são muito poucas as pesquisas atualmente disponíveis sobre os tijolos em elevadas temperaturas.

Rosemann (2011) ressalta ainda em estudos que os blocos cerâmicos possuem uma série de características que a fazem um dos materiais de construção mais utilizados no mundo todo, tais como: a resistência, a durabilidade, o isolamento térmico e acústico. Também apresenta bom desempenho ao fogo, pois é um material incombustível, não propaga chamas e não produz fumaça ou gases tóxicos durante o incêndio.

Para completar, Sciarreta (2012) identificou que por causa de seu valor estético, a alvenaria tradicional é geralmente empregada em construções que merecem cuidadosa concepção de detalhes e execução de trabalho, pesquisar sobre estruturas de alvenaria é de uma muita complexidade. Pois as alvenarias são compostas por blocos e juntas, que apresenta uma grande variedade de combinações de diferentes materiais, geometria e texturas, implicando com isso um grande número de parâmetros descritivos. Entretanto, as necessidades de pesquisa dentro do campo geral das estruturas no fogo têm sido repetidamente destacadas, também nos últimos tempos.

De acordo com Rosemann (2011): “A resistência ao fogo das paredes de uma edificação é muito importante para a segurança contra incêndios, uma vez que, em incêndios ocorridos em edifícios de grande altura, constatou-se que as vias de circulação apresentavam uma grande vulnerabilidade à fumaça, ao calor e às chamas, o que dificultava o abandono da edificação e permitia ao incêndio propagar-se rapidamente”

Sciarreta (2012), afirma que em recente abordagem da engenharia nos projeto de incêndio aumentou a necessidade de melhorias no conhecimento do comportamento de fogo e pós-fogo de estruturas em uma escala material. Assim, observa-se a necessidade

no enfoque das propriedades mecânicas dos materiais de alvenaria, que ainda são pouco investigados, especialmente na situação residual (isto é, pós-fogo).

Diante desse cenário evolutivo na cadeia das alvenarias, juntamente com a preocupação das mesmas com relação à situação de incêndio, que essa pesquisa voltou-se a estudar sobre o comportamento estritamente das alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, utilizados nas construções da região metropolitana do Recife, quando em situação de incêndio, ensaiando blocos, prismas e pequenas paredes submetidas a altas temperaturas.

1.2 OBJETIVO GERAL

Estudar o comportamento das alvenarias de vedação, executadas por blocos cerâmicos, fabricados e utilizados na região metropolitana do Recife, confeccionadas com argamassas industrializadas (para assentamento e para o revestimento), quando submetidas a altas temperaturas. Para isso ensaiou-se a resistência a compressão de blocos e prismas (de dois blocos), submetidos a cinco níveis de temperatura (200°C, 300°C, 400°C, 500°C e 600°C), com mesma taxa de aquecimento e em três tipos de resfriamentos: Aquecido, resfriado lentamente (24 horas em temperatura ambiente) e resfriado bruscamente (24 horas submerso em água). Além disso, ainda foi ensaiado o comportamento de pequenas paredes, quando submetidas a elevadas temperaturas, para observar a influência do reboco nas paredes.

1.3 OBJETIVO ESPECIFICO

Os objetivos específicos desse trabalho têm como fatores específicos a serem apresentados, os seguintes tópicos:

- Analisar a resistência residual de blocos e prismas em diferente temperatura, observando o comportamento mecânico do material;
- Verificar a influência do tipo resfriamento após a alvenaria ser submetida a elevadas temperaturas;
- Calcular e comparar os módulos de elasticidades encontrados para cada temperatura e resfriamento proposto;
- Verificar a perda de massa nos blocos e nas argamassas de assentamento, causadas pelas elevadas temperaturas;
- Fazer um comparativo das resistências encontradas nos blocos e nos prismas ensaiados, nas temperaturas e resfriamentos aplicados;
- Analisar a influência do revestimento (reboco industrializado), quando as paredes são submetidas a elevadas temperaturas.

O trabalho é dividido em 5 (cinco) capítulos, no qual o primeiro visa justificar o interesse e o motivo pelo qual levou-se a falar sobre o tema, ressaltando os aspectos

mais importantes das alvenarias em situação de incêndio e os objetivos estudados ao longo da dissertação.

Entretanto, para se ter um bom embasamento sobre o assunto, foi fundamental investigar, pesquisar e analisar estudos desenvolvidos nessa área, a fim de entender e aprender tudo que já foi aprendido e tudo aquilo que ainda pode ser aperfeiçoado. Para isso o capítulo 2 (dois), fala sobre as pesquisas de alvenarias submetidas a elevadas temperaturas, das argamassas submetidas ao fogo, estudo aperfeiçoado de prismas, estudos sobre o comportamento dos módulos de elasticidade em argamassas quando elevada a altas temperaturas e critério de assentamento de prismas. Todos esses assuntos foram primordiais e fundamentais para se chegar as definições iniciais da dissertação.

Após estudos de pesquisa, o capítulo 3 (três), descreve sobre os materiais, equipamentos e sobre os métodos de ensaio utilizados ao longo da pesquisa. Dentre os materiais, estão: blocos cerâmicos, argamassas de assentamento e de revestimento, nos equipamentos, têm-se: o a prensa hidráulica, os fornos elétricos e prensa hidráulica manual. Sobre a metodologia utilizada nos ensaios de blocos, prismas, argamassa e parede descrevem-se os passo a passo realizados em cada ensaio, as dificuldades encontradas, os critérios e métodos de ensaio para se obter os resultados desejados.

Para se analisar os resultados obtidos, no capítulo 4 (quatro), detalham-se os resultados encontrados em cada ensaio. Para os blocos e prismas, analisaram-se as resistências a compressão e módulos de elasticidade para os ensaios em temperatura ambiente, á quente, lento e brusco, os ganhos e perdas de massa (não se ensaiou em prisma) e os tipos de ruptura. Nas argamassas, verificaram-se os resultados a compressão e os ganhos e as perdas de massa em ensaios á quente, úmido e lento. Nas alvenarias, observaram-se a influencia do reboco quando submetido a altas temperaturas, medindo o tempo de resistência ao fogo das paredes.

Como conclusão, o capítulo 5 (cinco), descreve todas as análises encontradas nos resultado mostrados no capítulo 4 (quatro), destacando os pontos mais relevantes e as soluções dos objetivos planejados e as sugestões para futuros trabalhos nessa mesma linha de pesquisa.

2 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS

Diante do tema abordado, na introdução, viu-se primeiramente, a importância e necessidade de se fazer estudos e pesquisas mais amplos, sobre alvenarias em elevadas temperaturas. De uma forma geral, almejava aprender os tipos de ensaios utilizados em alvenarias submetidas ao fogo, os tipos de blocos que são ensaiados, até que temperatura as paredes são aquecidas, os critérios de parada utilizado nos ensaios de paredes em elevadas temperaturas, os tamanhos das alvenarias que são ensaiadas á fogo, os tipos e o critérios de leitura das temperaturas, como são ensaiados os blocos, prismas e argamassas em altas temperaturas; Todas essas dúvidas foram o ponto de partida, para se definir os ensaios realizados na dissertação.

Para este estudo, a linha de pesquisa, dividiu-se em 4 (quatro) pilares primordiais para o desenvolvimento da pesquisa, foram eles:

- I. Estudos sobre alvenarias em situação de incêndio;
- II. Estudos sobre a resistência de argamassas de assentamento em elevadas temperaturas;
- III. Estudo sobre os módulos de elasticidade em blocos e argamassas em elevadas temperaturas;
- IV. Estudo sobre prismas;

Para se ter os primeiros entendimentos do comportamento das alvenarias ao fogo, foram necessários pesquisar ensaios já realizados em alvenarias submetidas a altas temperaturas, para saber quais comportamentos são adotados nos ensaios e verificar os resultados já encontrados.

Além das pesquisas em alvenarias, entender o comportamento das argamassas era outro ponto que precisava se abordado, afinal a argamassa é um elemento que influência nas resistências das alvenarias. Diante disso, viu-se a importância da realização de ensaios em argamassa submetida a altas temperaturas, para se comparar os resultados.

Foram fundamentais os estudos aprimorados nos ensaios de prismas, para entender os critérios adotados, as análises que são feitas nos ensaios, os resultados que são obtidos e suas influencias para as resistências das alvenarias.

2.1 ESTUDOS SOBRE ALVENARIAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

A alvenaria é um assunto que há anos vem sendo estudado. O intuito maior tem sido dar durabilidade as paredes das edificações. Diante de um cenário em que as inúmeras variações da configuração das alvenarias possam existir, tipo de dimensões dos tipos de blocos, revestimentos das paredes, função da parede, entre outros fatores. Mais recentemente, vem sendo demandado um melhor desempenho das alvenarias

quanto ao conforto térmico e acústico. Estas exigências trazem novos desafios tecnológicos e industriais da construção.

A resistência ao fogo de alvenarias é algo bem mais inovador para a indústria da construção, que carece de especificações técnicas consolidadas para o adequado desempenho das paredes nas situações de incêndio.

Buscando entender e analisar as pesquisas já estudadas, segundo a U.S Bureau of Standards, constatou-se que em 1923, um arquiteto americano, desenvolveu um relatório, que informava os resultados (pré-liminares) de paredes de tijolos submetidas ao fogo. Ele ensaiou paredes com dois tipos de espessuras (uma com 10,0cm, carregada com 0,55 MPa/m e outras de maior espessura, carregada com 1,10 MPa/m), além de ter feitos ensaios complementares em paredes ocas e paredes com revestimento. Nos ensaios, as paredes tinham 4,88 m de largura por 3,10 m de altura, todas sendo carregadas. O critério de parada dos ensaios era quando a temperatura média da face oposta ao fogo chegava a 139°C (25 F). Ele concluiu que as paredes ocas, quando preenchidas por algum material, tendem a ter sua resistência ao fogo aumentada, paredes com tijolos de argila com 30,48 cm de espessura resistiram até 10 horas à exposição do fogo e observou-se que paredes revestidas com gesso têm um aumento considerável na resistência ao fogo.

Já no trabalho de Rogowski (1984), que estudou paredes preenchidas com substratos, para servir de isolamento térmico em paredes vedadas e não vedadas. As paredes eram em blocos de concreto, com dimensões 1,30m x 1,10m e 2,50m x 2,50m, e preenchidas com três tipos de substratos: placas de polietileno expandida (EPS), enchimento granular de fibra ou cordão e espuma líquida de poliuretano. Além disso, algumas paredes eram vedadas nas extremidades (acunhamento) e outras não, pois se tinha o intuito de avaliar a influencia que essa vedação causaria nas alvenarias, quando submetidas a altas temperaturas. As paredes eram aquecidas por um orifício quadrado, colocando um queimador, posicionado 50cm do piso, com lado de 22cm. Após os ensaios, Rogowski, conclui que em paredes com vedação em todo perímetro não há risco de propagação de incêndio, através de qualquer enchimento.

Saada (2006) desenvolveu um estudo que visava comparar os resultados experimentais com os modelos térmicos desenvolvido por ele, para avaliar o aquecimento das paredes quando submetidas ao incêndio. Então nos seus experimentos, ele ensaiou paredes de (2,80 x 2,82 m– figura 2), com blocos de concreto (49 x 19,7 x 20 cm- figura 1), submetidas a cargas de 13 ton/m, cujo aquecimento do forno (3,0 x 3,0 x 1,4 m) seguia a curva da ISO (figura 4). Os ensaios duraram 6 horas e as temperaturas eram medidas pelo termopar K (na face oposta ao aquecimento), em alguns pontos específicos, como mostra a figura 3.

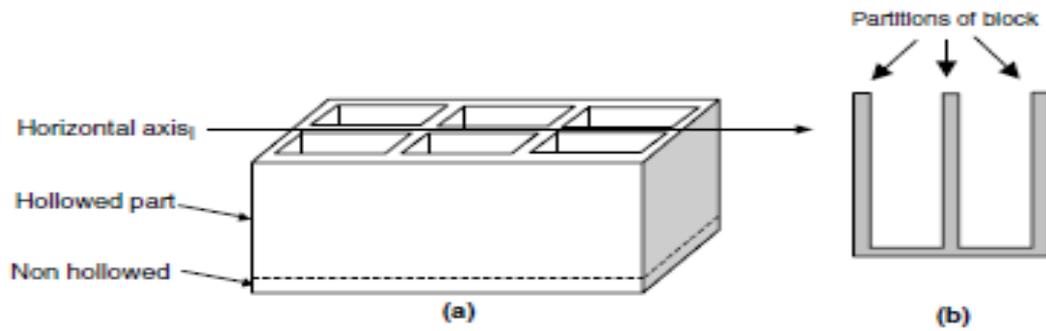


Figura 1- Modelo de bloco usado por Saada (2006)

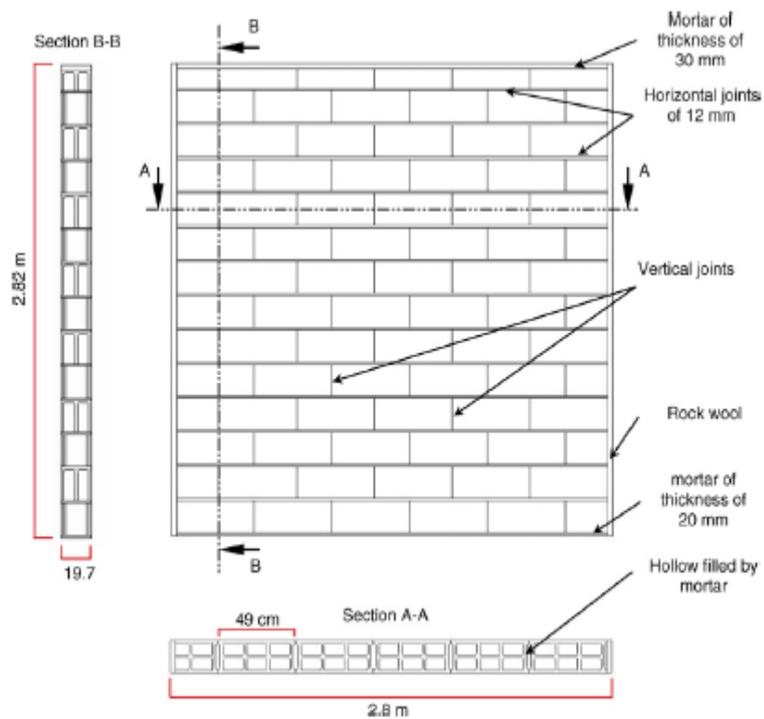


Figura 2- Modelo de parede, utilizado nos ensaios de Saada (2006)

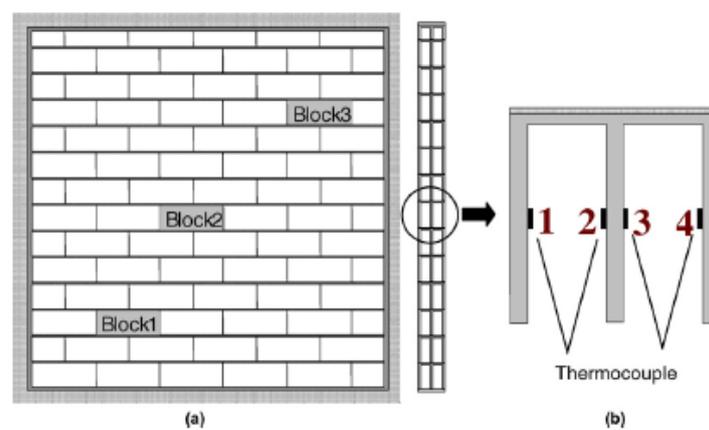


Figura 3- Posição dos termopares, utilizados nos ensaios de Saada (2006)

Nos ensaios, Saada (2006), comparou os resultados das leituras nos termopares 1,2,3 e 4, com a curva de aquecimento ISO e observou que quanto mais próximo o termopar tivesse da incidência ao fogo, mais próximo era a curva de aquecimento em relação a curva padrão, como podemos ver na figura 4.

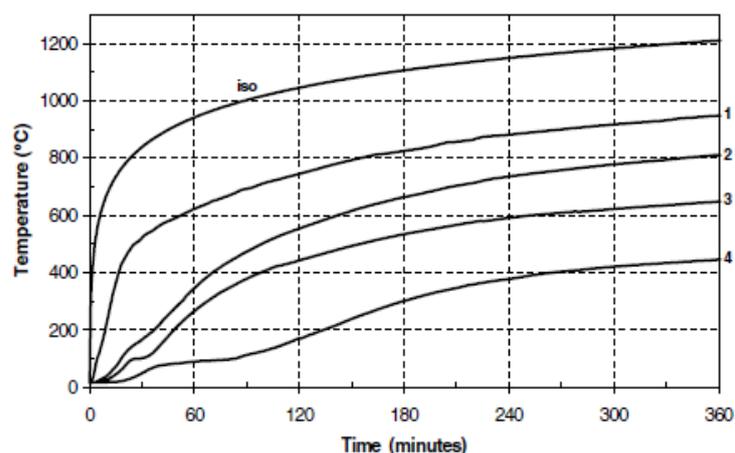


Figura 4- Resultados das leituras dos termopares em comparação com a curva ISO, nos ensaios de Saada (2006)

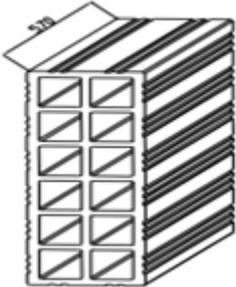
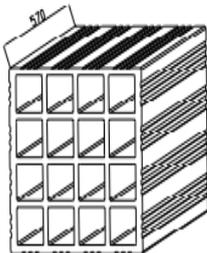
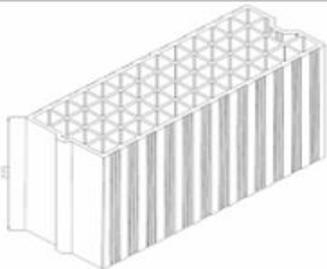
Nguyen (2010) apresentou em suas pesquisas uma ferramenta computacional capaz de avaliar o comportamento ao fogo das paredes de tijolos de argilas assentados em argamassas. Os seus experimentos foram realizados no Laboratório Efectis France5: foram ensaiados 4 (quatro) paredes: 2 (duas) com carregamento e 2 (duas) sem carregamento. Na tabela 1, temos as configurações dos quatro modelos.

Tabela 1- Resumo das informações básicas dos ensaios em 4 paredes

Tipo	Carregamento	Tipo de tijolo	Montagem	Termopares	Dimensões da Parede	Norma
1	Não	Horizontal (100x570x300)mm 12 furos	10 fileiras de tijolos	Total: 5 4 internos 1 externo	3,0 x 3,0 m	NF-EN 1363-1 1364-1
2	Não	Horizontal (200x570x200)mm 16 furos	14 fileiras de tijolos	Total: 10 8 internos 2 externo	3,0 x 3,0 m	NF-EN 1363-1 1364-1
3	Sim (130KN/M)	Vertical (200x560x274)mm 48 furos	11 fileiras de tijolos	Total: 9 8 interno 1 externo	2,84 x 3,30 m	NF-EN 1365-1
4	Sim (90 KN/M)	Vertical (200x560x274)mm 48 furos	12 fileiras de tijolos	Total: 4 4 internos 0 externo	3,0 x 2,45 m	NF-EN 1365-1

Como se pode observar na tabela 1, Nguyen (2010) varia os carregamentos das paredes, os tamanhos das mesmas, o assentamento e tipo de tijolo, isso para se obter resultados com mais variáveis. Na tabela 2, temos os blocos utilizados em cada parede:

Tabela 2- Blocos utilizados em cada parede:

Parede 1	Parede 2	Parede 3	Parede 4
			

Os ensaios executados nas paredes 1,2,3 e 4 foram baseados no método tradicional (método utilizado em paredes expostas ao fogo, cujo intuito é medir a temperatura na face oposta ao fogo) utilizado para determinar a resistência ao fogo.

Nas conclusões Nguyen (2010), observou que entre os fatores que influenciavam na resposta térmica experimental, a água absorvida é de grande relevância, limitando o aumento de temperatura na face não exposta, ou seja prolonga o isolamento das paredes. Outro ponto observado é que a capacidade de isolamento térmico depende de vários fatores: tipo de parede, tipo de tijolo, carga mecânica e tipo de articulação, entre eles visualmente, o tipo de junta tem um grande impacto:

Assim como Rogowski (1984), Rosemann. (2011), estudou paredes com preenchimentos de areia, para resistir ao fogo em alvenarias estruturais com blocos cerâmicos, através de métodos experimentais. Nos experimentos foram realizados ensaios conforme a NBR 5628 (Componentes Construtivos Estruturais- Determinação de Resistência ao fogo, ABNT 2001), em 4 (quatro) paredes medindo 2,70x2,60m, com blocos de 14x19x29 com $f_{ck} = 9 \text{ N/m}^2$, alterando a presença de revestimento (reboco nas paredes) e preenchimento (de areia na parte interna dos tijolos).

O trabalho de Rosemann (2011) tinha como objetivo, procurar identificar os principais fatores que influenciam o desempenho das alvenarias ao fogo e avaliar a influência do revestimento em argamassa e do preenchimento em areia na resistência ao fogo.

Nos ensaios realizados por Rosemann (2011) foram construídos dois compartimentos de 1,05 x 2,70 x 2,60 m. Em um compartimento foram analisadas as paredes com e sem revestimento, ambas sem preenchimento (figura 5). Enquanto que, no outro foram analisadas as paredes com e sem revestimentos, mas ambas com preenchimento (figura 6). Nos compartimentos, existiam 4 (quatro) aberturas com dimensões de 15x20 cm, posicionadas na parte inferior, a uma altura de 20 cm do piso (figura 7). Em frente às aberturas, foram posicionados quatro queimadores a gás, tendo

sido dispostos um em cada face do forno. Em cada parede eram instalados simetricamente, 5 (cinco) termopares tipo K (figura 8), para fazer as leituras de temperatura de cada parede, no intervalo de 5 min, até que a temperatura média da face (não expostas) atingisse 140 °C ou 180 °C em qualquer ponto.

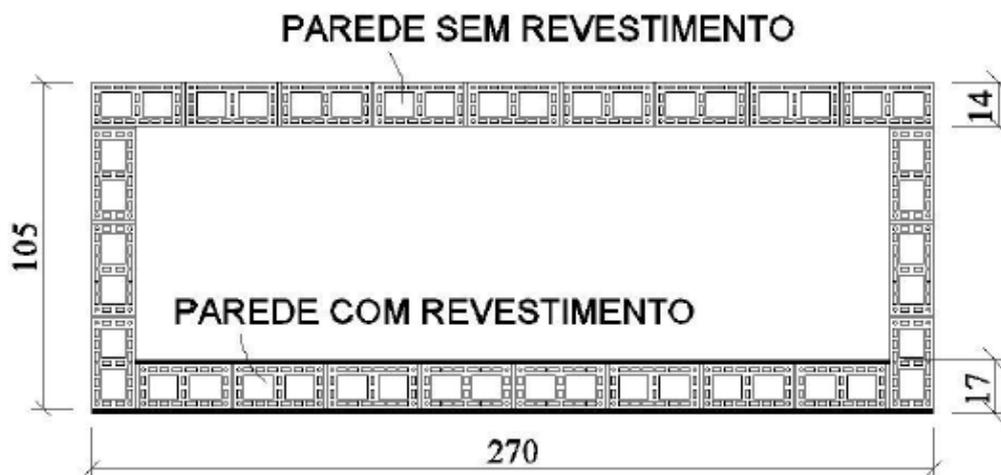


Figura 5- Layout do compartimento em paredes com e sem revestimento e ambos sem preenchimento, Rosemann (2011).



Figura 6- Layout do compartimento em paredes com e sem revestimentos e ambos com preenchimento, Rosemann (2011).

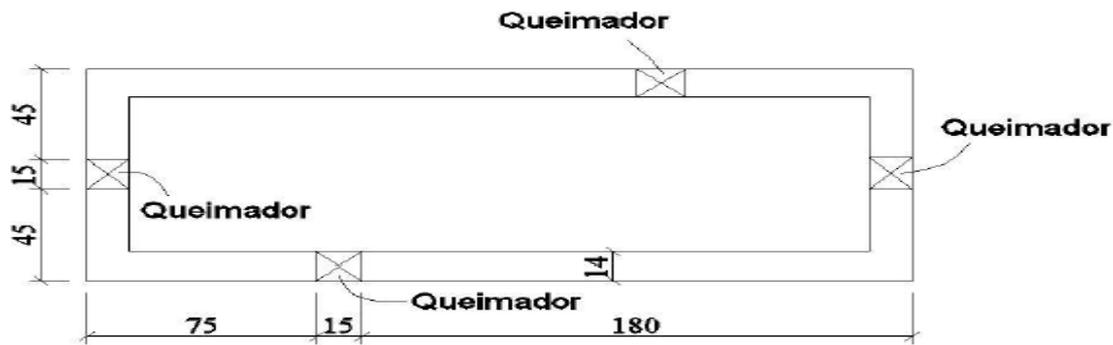


Figura 7- Layout das locações dos queimadores nos compartimentos, Rosemann (2011).

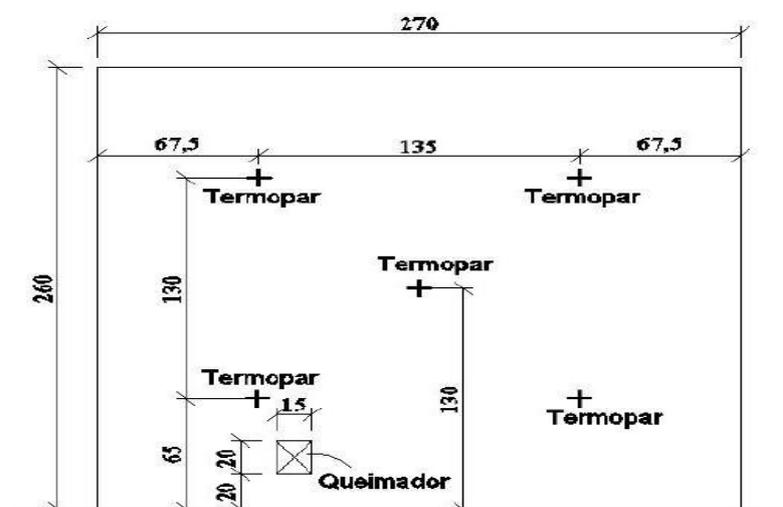


Figura 8- Layout das locações dos termopares nas paredes, Rosemann (2011)

Os resultados obtidos na pesquisa de Rosemann (2011) se restringiram a unicamente avaliar o isolamento térmico das paredes, de tal forma que as paredes com revestimento e com preenchimento é uma boa alternativa para o aumento da resistência ao fogo com um custo relativamente baixo. Nas conclusões, Rosemann (2011), apresentou os tempos de resistências ao fogo de cada tipo situação ensaiada.

- Parede com Revestimento e com Preenchimento= 405 min
- Parede sem Revestimento e com Preenchimento= 243 min
- Parede com Revestimento e sem Preenchimento= 196 min
- Parede sem Revestimento e sem Preenchimento= 106 min

Rigão (2012) estudou sobre as paredes estruturais de blocos cerâmicos, quando submetidas a altas temperaturas. Nos seus estudos ele ensaiou as resistências dos prismas (2 blocos- figura 9) e de pequenas paredes (0,90 x 1,0 m- figura 10) quando submetidas a altas temperaturas. Foram ensaiados blocos conforme a norma NBR 15270:2005, para validação dos blocos e os prismas, foram ensaiados na temperatura

ambiente e há 400°C e 900°C, com 3 (três) cp.'s para cada temperatura. Os prismas foram confeccionados, posto 28 (dias) em cura e só em seguida eram ensaiados nas temperaturas desejadas. Nos ensaios dos prismas, os mesmos permaneciam por 30 (trinta) minutos na temperatura desejada, após esse tempo era colocados no forno e permanecida a 24 (vinte quatro) horas e só depois eram retirado e após 2 (dias) em temperatura ambiente, os mesmos eram ensaiados.

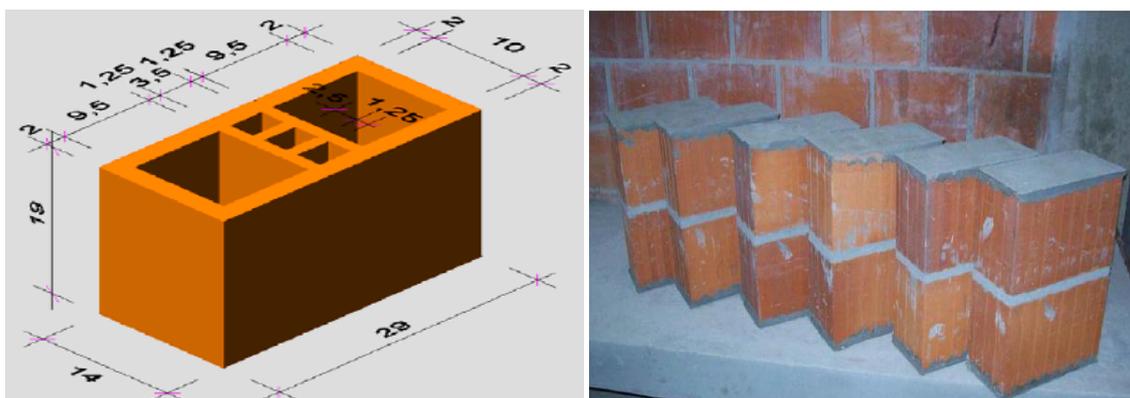


Figura 9- Bloco e Prisma utilizados nos ensaios de Rigão (2012).

A tabela 3 apresenta os resultados encontrados, para o ensaio de prismas, em temperatura ambiente, há 400°C e 900°C.

Tabela 3- Resultados dos prismas ensaiados a compressão, depois de submetidos a elevadas temperaturas, ensaiados por Rigão (2012).

Temperatura	Identificação do CP	Resistência à Compressão (MPa)	Resistência Média
"ambiente"	PR-1 N	5,99	5,30 MPa
	PR-2 N	4,46	
	PR-3 N	5,44	
400°C	PR-1 400	3,92	3,87 MPa
	PR-2 400	4,73	
	PR-3 400	2,96	
900°C	PR-1 900	2,83	2,58 MPa
	PR-2 900	1,58	
	PR-3 900	3,33	

Nos ensaios das pequenas paredes de Rigão (2012), foram confeccionadas 5 (cinco) mini-paredes (3 aquecidas e carregadas ao mesmo tempo, 1 carregada após aquecimento e 1 carregada em temperatura ambiente), não rebocadas, as quais foram submetidas a elevadas temperaturas (passando um pouco mais de 900°C), cuja a taxa de aquecimento do forno era programada pela curva padrão da ISO e as mesmas eram carregadas (com cargas de 78,22 kN/m) após 24 (vinte quatro) horas de terem sido aquecidas por até 6 (seis) horas e tinham as temperaturas da face oposta ao fogo medidas por termopares tipo-K, em 6 (seis) pontos distintos (figura 11).



Figura 10- Modelo de pequenas paredes, utilizado nos ensaios de Rigão (2012).

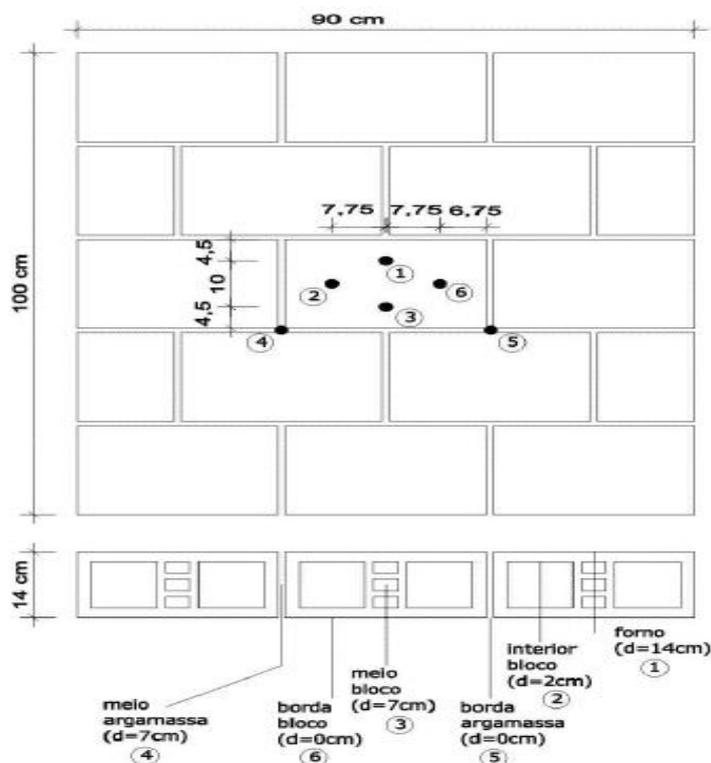


Figura 11- Localização dos termopares para as leituras das temperaturas na face opostas a exposição do fogo, nos ensaios de Rigão (2012)

Nos resultados das pequenas paredes, Rigão (2012), observou que o forno não obedeceu a curva padrão da ISO (figura 12) e que as cargas de carregamento chegaram até 315 Kn/m, pois foi quando houve o escoamento de carga para qualquer incremento posterior a esse valor, obtendo-se então uma carga de 2,50 MPa para área bruta. Enquanto que as paredes que permaneceu em temperatura ambiente, obteve 3,77 MPa. Com relação aos tempos de resistência ao fogo das paredes, obteve-se 237 minutos para resistência das argamassas e de 209 minutos para os blocos, considerando o tempo para chegar na temperatura de 140°C acima da temperatura ambiente.

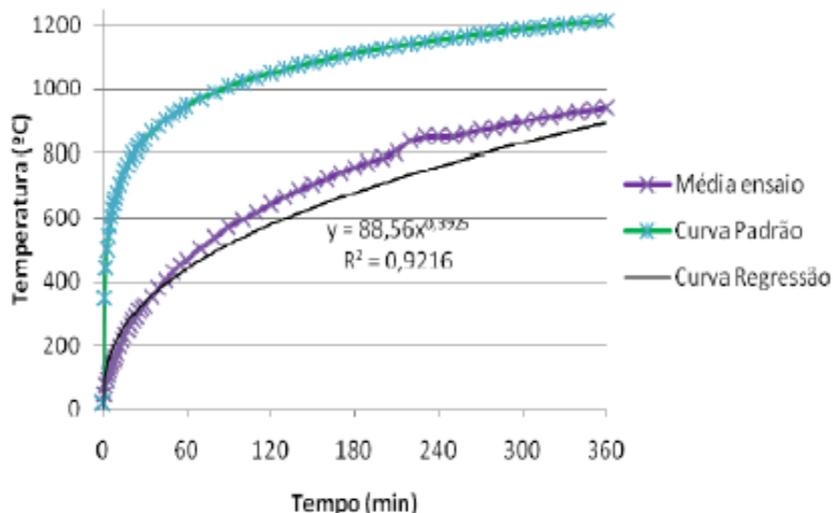


Figura 12- Comportamento da curva de aquecimento com relação a curva padrão, Rigão (2012).

Wu (2014), em seus estudos, ensaiou 3 (três) paredes com blocos ocos de argila com 29 furos (dimensões de 365 x 248 x 249 mm), para medir o coeficiente de transferência de calor (valor U, W/ m² K), quanto menor for o valor de U, melhor será o desempenho de isolamento. As paredes tinham 1,65 x 1,65 x 0,365 m (figura 14), os sensores de temperatura foram instalados na área média das paredes para eliminar a influência de outros membros e obter dados mais precisos (figura 13).



Figura 13- Posição dos termopares nas paredes ensaiadas por Wu (2014)



Figura 14- Modelo de parede ensaiada por Wu (2014)

Após os ensaios, Wu (2014) calculou os coeficientes de transferência de calor de cada parede e tirou para comparar a média dos valores com os coeficientes de outros blocos.

Wall number	Heat transfer coefficient (W/m ² K)
Wall 1	0.751
Wall 2	0.726
Wall 3	0.703
The average	0.727

Figura 15- Resultados dos ensaios das paredes feitos por Wu (2014)

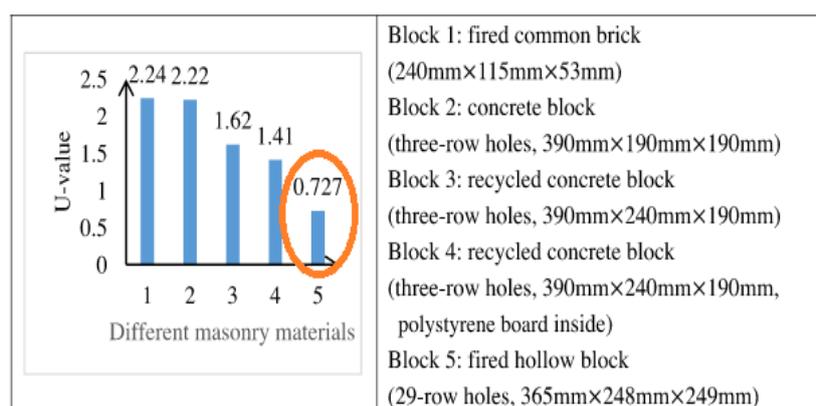


Figura 16- Comparativo com outros blocos, conclusão feita por Wu (2014)

Wu (2014), conclui que o bloco oco de 29 furos apresenta um bom coeficiente de transferência de calor, principalmente quando comparado com blocos de normais de argila, que tem o maior coeficiente na escala gráfica.

Diante dos estudos da figura 16, observou-se que existem pesquisas em alvenarias submetidas a altas temperaturas, com diferentes métodos de realização. As variações encontram-se desde tipos de blocos até mesmo na função das alvenarias. Verificou-se que mesmo em diferentes épocas, Rogowski (1984) e Rosemann (2011), fizeram pesquisas semelhantes em suas dissertações, ambos buscando materiais para preenchimento das alvenarias que contribuísse para a resistência ao fogo nas paredes. Por outro lado, Ngugen (2010) e Rigão (2012), fizeram ensaios em paredes carregadas e submetida ao fogo, para verificar o comportamento das mesmas.

Diante deste cenário de diversificações na metodologia de ensaio, como mostra na tabela 4. A linha de pesquisa adotada nos ensaios, foi de paredes de vedação, em blocos cerâmicos, revestida com reboco e sem revestimento submetida a elevadas temperaturas.

Tabela 4- Resumo dos estudos de alvenarias submetidas ao fogo, fonte: Autor.

Autor:	Estudo:	Carregamento:	Tamanho das paredes (m)	Tipo de bloco (cm)	Tipo de Aquecimento:
ROGOWSKI (1984)	Resistência ao fogo das paredes preenchidas com substrato.	Não	1,30 x 1,10 & 2,50 x 2,50	Bloco de concreto (22x22 x 19)	Queimadores.
SAADA (2006)	Comparativo dos resultados experimentais com o modelo térmico desenvolvido.	Sim (13 ton/m)	2,80 x 2,82	Bloco de concreto (49 x 19,7 x 20)	Forno
NGUYEN (2010)	Desenvolver uma ferramenta computacional, capaz de avaliar o comportamento ao fogo de paredes de tijolo cerâmico.	Sim (13 KN/m) & (90 KN/m)	3,00 x 3,00 2,84 x 3,30 2,00 x 2,45	Bloco cerâmico (10x57x30) (20x56x27,4) (20x57x20)	Forno
ROSEMANN (2011)	Estudar a influência de paredes revestidas e não revestidas e preenchidas e não preenchidas, quando submetida ao fogo.	Não	2,70 x 2,60	Bloco de Concreto (14x19x29)	Queimadores
RIGÃO (2012)	Estudar sobre paredes estruturais de blocos cerâmicos quando submetida a altas temperaturas.	Não	0,90 x 1,0	Bloco Cerâmico (14 x 29 x 19)	Forno
WU (2014)	Calcular o coeficiente de transferência de calor de paredes submetida ao fogo.	Não	1,65 x 1,65	Bloco cerâmico (36,5 x 24,8 x 24,9)	Forno
AUTOR	Estudo do comportamento das alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, submetidos a elevadas temperaturas.	Não	1,50 x 1,50	Bloco cerâmico (9 x 19 x 19)	Forno

2.2 ESTUDOS SOBRE ARGAMASSAS SUBMETIDAS A ELEVADAS TEMPERATURAS

Além de avaliar os estudos das alvenarias em elevadas temperaturas, pesquisou-se sobre o comportamento das argamassas de assentamento submetido ao fogo. A argamassa é um componente da alvenaria, que influencia no seu desempenho e que quando submetidas a altas temperaturas, diretamente influenciaram no comportamento mecânico da estrutura como um todo. Diante disso, é importante destacar, o comportamento que as argamassas têm quando são submetidas a elevadas temperaturas.

Culfik (2001) estudou o efeito das argamassas em elevadas temperaturas (300°C, 600°C e 900°C), analisando as propriedades mecânicas de dois tipos de argamassas: As com 0% de grafite (G0) e as com 5% de grafite (G5), comparando com as argamassas em temperatura ambiente (20°C). Nos seus ensaios, ele considerou duas taxas de aquecimento (2°C/min e 8°C/min), além de considerar o tempo máximo de exposição dos corpos de prova na temperatura desejada, ou seja, de 1 hora e 10 horas. Os ensaios foram feitos em prismas (4 x 4 x 16 cm) e cilindros. Nos ensaios o forno era desligado e os C.P, permaneciam dentro do forno, até obter a temperatura ambiente (20°C), onde a taxa de resfriamento era de 0,4°C/min e posteriormente eram ensaiadas a flexão e compressão. Nos resultados, concluiu que:

- I. Independente do tipo de argamassa, a 900°C os corpos de prova foram prejudicados pelas altas reduções das propriedades físicas e mecânicas.

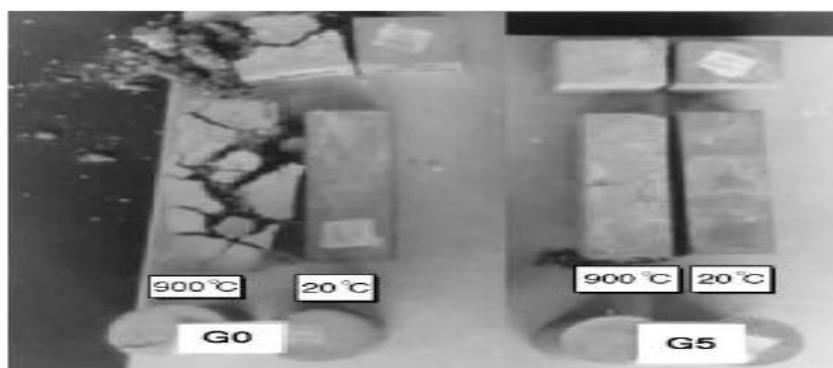


Figura 17- Amostras de argamassa ensaiadas a 900°C, por Culfik (2001)

- II. Com o aumento da temperatura, ambas as amostras tiveram suas resistências à compressão, reduzidas ao longo do aquecimento.
- III. Tempos maiores de exposição e taxas maiores de aquecimento, tem influência nas resistências á compressão, ou seja, quanto maior o tempo de exposição menor á resistência e quanto menor a taxa de aquecimento maior é a resistência á compressão.

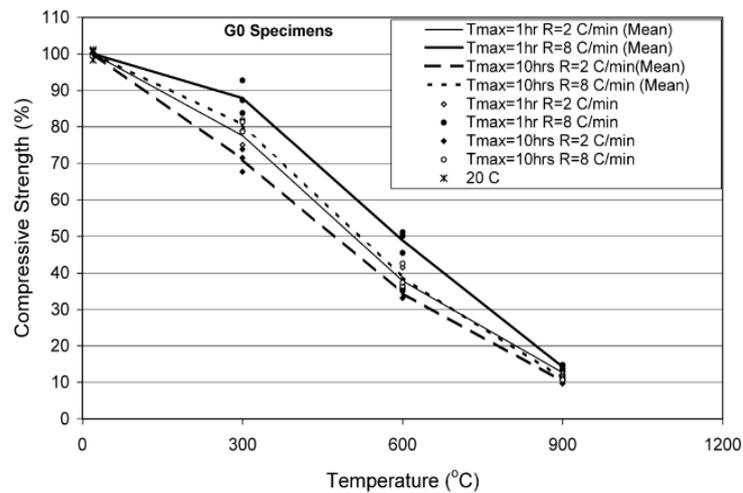


Figura 18- Análise gráfica dos resultados em argamassas G0, feito por Culfik (2001)

- IV. O efeito de deterioração, causado pelas micro-fissuras, implicou na redução da resistência a tração.
- V. Em 900°C, os C.P perderam quase 90% de resistência a flexão, se comparado à temperatura ambiente.

Yuzer (2001), estudou ensaios de argamassas com e sem sílicas, expostas a 6 níveis de temperatura: 100°C, 200°C, 300°C, 600°C, 900°C e 1200°C, resfriando as amostras lentamente ou em água (resfriamento brusco), nos quais foram ensaiados as resistências à compressão e flexão. Os ensaios tinham o intuito de investigar os efeitos da sílica, as cores das argamassas e o efeito do resfriamento. Nos ensaios, foram utilizados 3 (três) corpos de prova prismático (4 x4 x16 cm) para cada temperatura e resfriamento. Os c.p eram moldados e após 24 horas eram posto em água, para só após 27 dias serem ensaiados. Antes dos ensaios, os c.p tinham seus pesos normalizados em 105°C e logo em seguida eram levados a temperaturas desejadas. Nos ensaios, eram utilizadas taxas de aquecimento de 6 a 10°C/min. Após os ensaios, os c.p sofriam o teste mecânico de cores e posteriormente ensaiados à flexão (3 c.p) e compressão (6 c.p). Nos seus resultados, avaliando apenas as argamassas sem uso de sílica (já que éo mesmo tipo de argamassas utilizado na dissertação) ele concluiu que:

- I. Na flexão, tanto para o resfriamento lento, quanto para o brusco, há redução de resistência a partir dos 100°C, ou seja, em 100°C as argamassa são maiores que as de T.A (Temperatura Ambiente), entretanto após os 100°C, elas começam a decair.
- II. Na compressão, tanto em para o resfriamento lento quanto para o brusco, a resistência começa a decair após os 300°C, antes disso, elas se mantêm constantes, porém maiores que as de T.A (Temperatura Ambiente).

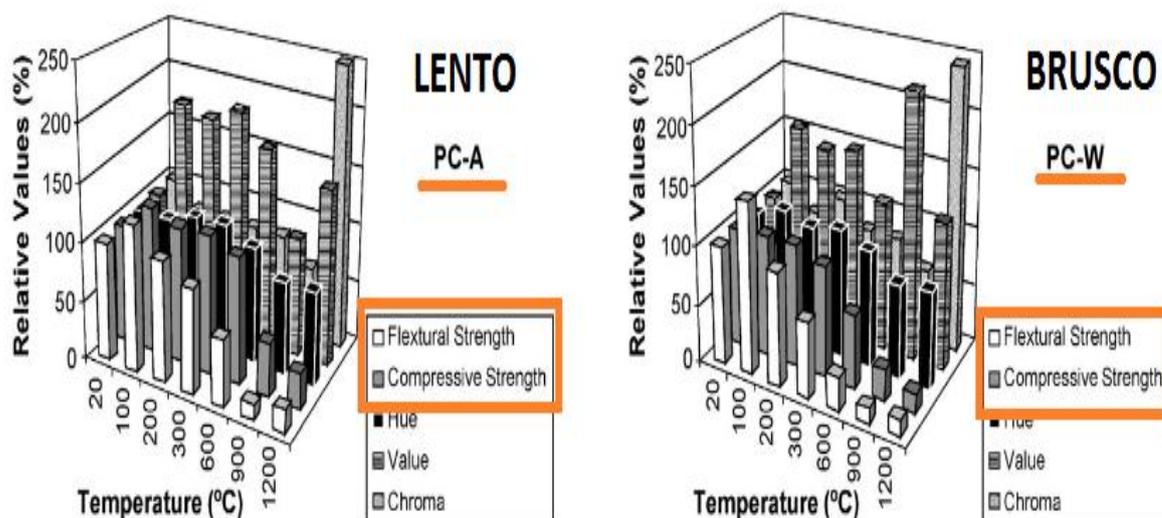


Figura 19- Resultados das resistências de compressão e flexão, em resfriamento lento e brusco, das argamassas ensaiadas por Yuzer (2001)

Rigão (2012), estudou a resistência das argamassas industrializadas (utilizadas em alvenarias estruturais), com resistência nominal de 4,0 MPa, informada pelo fabricante, nas temperaturas de 400°C e 900°C. Segundo Rigão: “A escolha da temperatura de 400°C foi baseada no fato das principais pesquisas sobre argamassas para concreto, mostrarem que este patamar de temperatura não causa grande degradação no material, quando resfriado lentamente, já a temperatura de 900°C foi escolhida por ser próxima à obtida durante os ensaios das paredes.” Os c.p’s prismáticos (dimensões 4,0 x 4,0 x 16,0 cm), eram colocadas no forno e expostas as temperaturas de 400°C e 900°C, por um período de 30 minutos e logo após eram resfriados por 48 horas dentro do próprio forno, para então serem ensaiados. Foram ensaiados 3 (três) c.p’s para temperatura ambiente, 3 (três) c.p’s para temperatura de 400°C e 3 (três) c.p’s para 900°C. Nos resultados foi medido as resistências a tração e flexão, calculou-se a redução % (percentual) de massa nos c.p’s depois de aquecidos e observou-se a degradação nos c.p’s. Rigão concluiu que nos c.p’s a 400°C, não houve degradação na estrutura física das argamassas, enquanto que nos c.p’s de 900°C, os mesmo não ficaram tão deteriorados. Em relação às resistências a flexão e compressão, assim como o resultado das perdas percentuais de massa, têm-se na tabela 5, os valores encontrados.

Tabela 5- Resultados dos ensaios de compressão e flexão nas argamassas em elevadas temperaturas, feito por Rigão (2012)

Temperatura	Resit. Flexão (MPa)	Desvio Padrão (resist. Flexão)	Resist. Tração (MPa)	Desvio Padrão (resist. Comp)
Ambiente	1,05	0,1	4,10	0,33
400°C	0,41	0,04	2,32	0,23
900°C	0,0	0	0,0	0

Tabela 6- Resultado da redução de massa nas argamassas, quando submetidas a elevadas temperaturas, ensaiadas por Rigão (2012)

Temperatura	Ident. CP	Peso seco (g)	Peso após ensaio (g)	% redução de massa	Média
400°C	AF1	487,19	479,41	1,60%	1,65%
	AF2	484,59	475,67	1,84%	
	AF3	487,66	480,26	1,52%	
900°C	BF1	494,88	467,97	5,44%	5,67%
	BF2	493,8	466,15	5,60%	
	BF3	495,91	466,34	5,96%	

Diante dos estudos pesquisados, observaram-se os principais pontos de influencia das pesquisas, tais como: temperatura de ensaio, tipo de ensaio, composição das argamassas,

Tabela 7- Resumo dos estudos de argamassas submetidas a elevadas temperaturas, fonte: autor.

Autor	Estudos	Composição	Temperaturas (°C)	Ensaio	Taxa de Aquecimento (°C/min)
CULFIK (2001)	Efeito das argamassas em elevadas temperaturas.	Com e sem uso de grafite.	300, 600 & 900	Quente	2 & 8
YUZER (2001)	Estudos de argamassas com e sem sílica, exposta a 6 níveis de temperatura.	Com e sem uso de sílica.	100, 200, 300, 600 & 1200	Lento e Brusco	6 a 10
KARAHAN (2010)	Influência do tipo de resfriamento na resistência das argamassas.	Sem adição	400, 600, 800 & 1000	Quente Lento Brusco	x
RIGÃO (2012)	Estudou a resistência das argamassas industrializadas submetidas a elevadas temperaturas.	Sem adição	400 & 900	Quente	x
AUTOR	Estudou a resistência das argamassas industrializadas submetidas a elevadas temperaturas.	Sem adição	200, 300, 400, 500 & 600	Quente, Lento e Brusco	10

2.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE DE BLOCOS E ARGAMASSAS SUBMETIDOS À ELEVADAS TEMPERATURAS

Assim como resistências á compressão, o módulo de elasticidades é um parâmetro importante, estudado em pesquisas de argamassa e blocos, submetidas a elevadas temperaturas, para saber a influência que as mesmas têm na rigidez das alvenarias.

Culfik (2001), em seus estudos com argamassas a elevadas temperaturas, fez uma análise nos resultados de modulo de elasticidade e obtiveram-se alguns resultados:

- I. Em 300°C argamassa com 0% de grafite (G0) em sua composição, tinha uma redução de 67% no modulo de elasticidade, se comparado com as argamassas a temperatura normal. E que as argamassas com 5% de grafite (G5), tinham uma redução de 97%.
- II. Em 600° C as argamassas G0, reduziram até 18% e as G5, 20%.
- III. Para 900°C nem G0, nem G5, puderam ser medidos pois ficaram totalmente deterioradas.

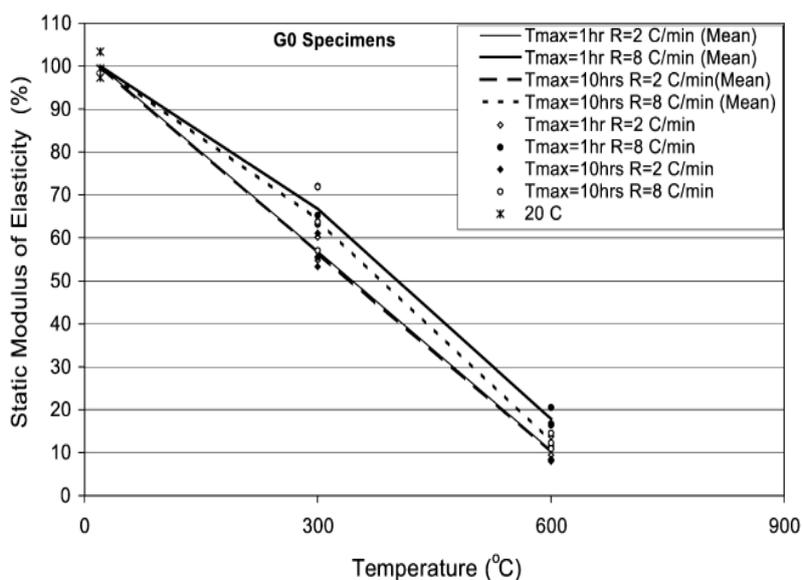


Figura 20- Resultados gráficos, do modulo de elasticidade de argamassa G0, feito por Culfik(2001)

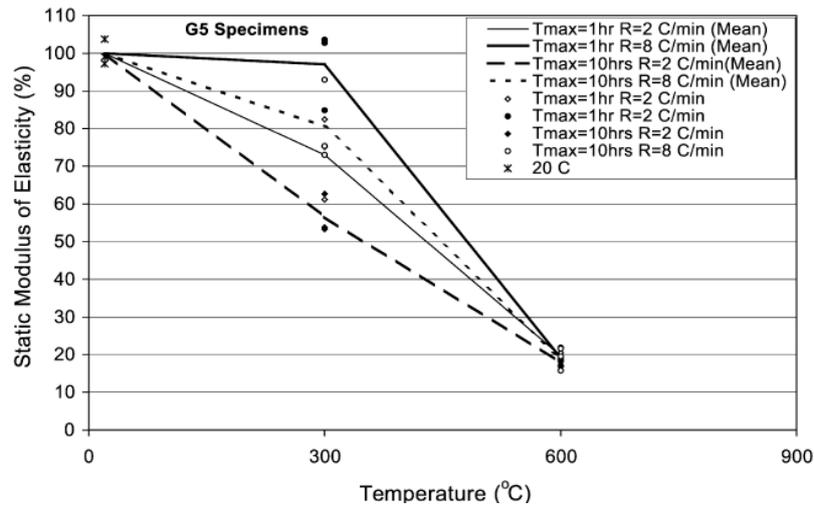


Figura 21- Resultados gráficos, do módulo de elasticidade de argamassa G5, Culfik(2001)

Diante desses resultados (figura 21), Culfik (2001), conclui que os corpos de provas de argamassas, quando submetidos a elevadas temperaturas, terão seus módulos de elasticidade reduzidos quanto maior for a temperatura.

Nos seus estudos Sciarreta (2012), informa que todos os dados da figura 22, indicam uma tendência geral de diminuição do módulo elástico com o aumento da temperatura. Do ponto de vista mecânico, isto provavelmente reflete a ação de mecanismos de quebra dos materiais, ou seja, o desenvolvimento de micro-cracking devido à tensão induzida pela temperatura, que reduz progressivamente a rigidez inicial.

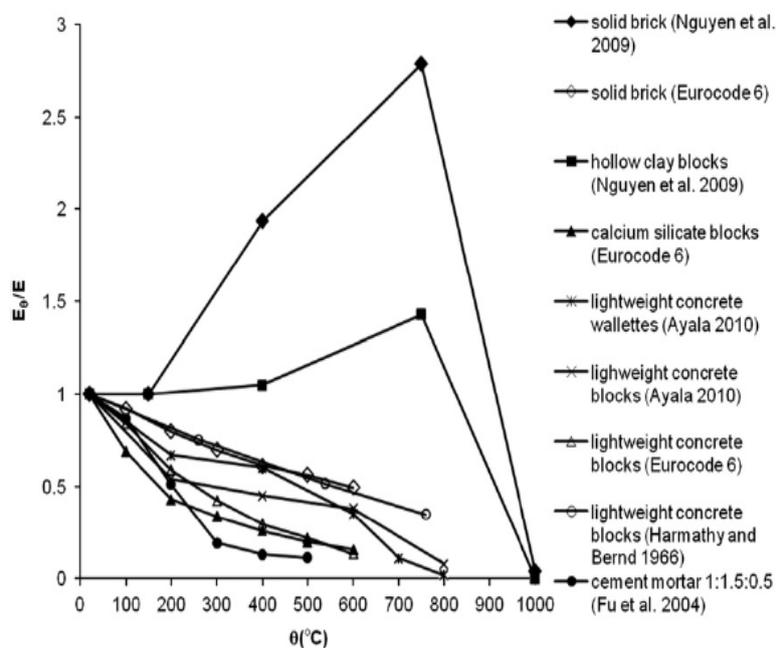


Figura 22- Gráfico comparativo dos módulos de elasticidade em elevadas temperaturas de vários tipos de blocos, Sciarreta (2012)

No gráfico 22, podemos observar, ensaios de tijolos sólidos (Eurocode 6), blocos ocos (Nguyen), blocos de silicato de cálcio (Eurocode 6), bloco de concreto leve

(Ayala) e argamassas de cimento (Fu), constata-se que independente do material ou classificação, em ambas as situações os módulos de elasticidade tendem a reduzir com o aumento da temperatura.

Observando os estudos de módulo de elasticidade, decidiu-se então fazer as leituras das cargas (N) de compressão e dos deslocamentos, e com isso calcular os módulos de elasticidade dos blocos em elevadas temperaturas e com isso observar o comportamento em blocos cerâmicos de vedação.

2.4 PRISMAS

2.4.1 Estudo sobre ensaios em prisma

Define-se, de uma maneira geral, prisma como conjunto composto pela justa posição de dois ou mais blocos, unidos através de juntas de argamassas com 1 cm de espessura, destinados ao ensaio de compressão axial. Os ensaios com prismas são a base para o projeto estrutural, uma vez que ensaios dos blocos de alvenaria, isolados, não apresentam boa correlação com aqueles sob condições de utilização das estruturas. Outro cuidado que se deve tomar ao analisar os resultados de ensaios de prismas e utilizá-los no cálculo estrutural, está relacionado às características geométricas do prisma com relação à estrutura real. Considerando todos estes fatores, a melhor maneira de se estimar valores para as alvenarias seriam ensaios em escalas reais, entretanto estes testes são de difícil preparação, onerosos, além de exigir uma estrutura laboratorial sofisticada. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas para avaliar a influência do índice de esbeltez (influência da altura e geometria do prisma) na resistência à compressão. Os ensaios com prismas apresentam a vantagem de serem mais rápidos e econômicos do que os ensaios de paredes, além de não exigirem estrutura laboratorial muito sofisticada quanto estas, entretanto não se obtém o real comportamento da alvenaria. Pode-se fazer uma analogia com o concreto: o prisma é o corpo de prova para ensaio de compressão, assim como o cilindro é usado para ensaiar o concreto à compressão. Santos (2008), optou por prismas de três blocos na intenção de reduzir o efeito gerado pelo confinamento dos pratos da prensa aos blocos das extremidades com uma relação h/t próxima a 4. Segundo Santos (2008), o prisma de três blocos, o bloco central, geralmente livre do efeito de confinamento dos pratos da prensa, representa melhor o tipo de ruptura da alvenaria, porém essa conclusão não é seguida pela norma brasileira.

Nos ensaios com prismas, segundo os autores, para que haja uma boa representação do que realmente acontece na alvenaria, é importante que o capeamento e a junta de argamassa sejam executados nos prismas do mesmo modo como seriam na alvenaria. Ou seja, se o bloco, quando assentado na parede, só permite assentamento nas faces externas, o assentamento dos prismas deve ser feito também com argamassa e capeamento somente nas faces. (LEÃO, 2008).

Ainda, os prismas construídos com blocos de menor altura apresentaram maior

resistência à compressão. Segundo Carvalho, por esses prismas possuírem uma menor relação h/t, podem ter sofrido maiores restrições dos pratos da prensa. (CARVALHO 2003).

Tabela 8- Pesquisas feitas com o uso de Prismas em blocos cerâmicos e bloco de concreto, fonte: Autor.

Autor/ Ano:	Prisma Utilizado	Pesquisa
GOMES (1983)	2 blocos	Estudar a resistência de paredes de alvenaria.
MACHADO (1999)	3 blocos e 2 blocos	Estudar a resistência de paredes através de ensaios em blocos, prismas e parede mudando o traço da argamassa, medindo a eficiência, modulo de elasticidade e fissuração.
ROMAGNA (2000)	3 blocos	Estudou as propriedades mecânicas e o modo de ruptura de prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteados submetido à compressão axial.
MORENO JR & ALBUQUERQUE (2002)	2 blocos	Desenvolveram trabalho sobre prismas confeccionados com blocos de concreto, variando a espessura e a resistência da argamassa de assentamento
CARVALHO (2003)	3 blocos e 4 blocos	Avaliar o desempenho da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos
STEIL (2003)	3 blocos	Estudou a influência da geometria do bloco de concreto e do tipo de argamassa no comportamento mecânico de prismas confeccionado com três blocos.
RIZZATTI (2003)	3 blocos	apresenta resultados experimentais e a análise numérica, realizada através do Método dos Elementos Finitos, para analisar a influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural não armada, sob compressão axial.
MAAS (2004)	2 blocos	Verificar e analisar a redução da carga de ruptura de paredes de alvenaria estrutural, quando os blocos são assentados com argamassa apenas nas suas paredinhas longitudinais (argamassa longitudinal).
MOHAMED (2007)	3 blocos	Analizou os mecanismos de ruptura de prismas de blocos de concreto de vários tamanhos

GARCIA (2007)	3 blocos e 2 blocos	Estudar a resistência de paredes através de ensaios em blocos, prismas e parede mudando a região de aplicação do graute. Analisando as resistências dos prismas com e sem aplicação de graute.
SANTOS (2008)	3 blocos	Investigar a influência da geometria do bloco cerâmico na resistência de prismas e paredinhas, quando submetidos a esforços de compressão.
PINHEIRO (2009)	3 blocos	Avaliar a capacidade de resistência e de deformação de blocos cerâmicos estruturais de 11,5 e 14 centímetro de largura, através de blocos, prisma e pequenas paredes.
AZEVEDO (2010)	3 blocos e 2 blocos	Programa experimental de prismas de 2 e 3 blocos cerâmicos de vedação com e sem adição de revestimento de argamassa resistente.
LIMA (2010)	2 blocos	Estudo sobre a influência da resistência à compressão e da espessura da argamassa de assentamento na resistência à compressão da alvenaria estrutural por meio de um estudo experimental em prismas de blocos cerâmicos
RIGÃO (2012)	2 blocos	Comportamento de pequenas paredes de alvenaria estrutural frente a altas temperaturas.
AUTOR	2 blocos	Estudos do comportamento das alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, submetidos a elevadas temperaturas.

Diante de das pesquisas estudadas, observa-se que os ensaios de prismas são bastante utilizados para as resistências das paredes, observar as deformações e desempenho das paredes. Entretanto, verifica-se que nos artigos consultados não constata-se ensaios de prismas aquecidos, além do que, não existe norma para ensaio de prismas submetidos a elevadas temperaturas. Diante disso, resolveu-se adotar prismas com dois blocos, conforme recomenda a NBR 15.691-2, além de que a ASTM 1314, diz que os prismas a relação altura (h)/ espessura (e) do prisma, tem que estar no intervalo de 1,3 a 5,0, ou seja, prismas de três blocos teriam essa relação igual a 6,77, enquanto que prisma com dois blocos teria uma relação igual a 4,55, se enquadrando na norma americana.

2.4.2 Assentamento de prismas

Maas (2004) comparou em seus estudos a redução de carga das paredes, em blocos estruturais de concreto e cerâmico, através do assentamento dos blocos nas

paredes, ou seja, existiam dois tipos: um era quando a argamassa era aplicada nas paredinhas longitudinais dos blocos e outra maneira era quando o assentamento era pleno (toda superfície) nos blocos. Então foram realizados ensaios em blocos, prismas e pequenas paredes, para se avaliar a resistências e o tipo de ruptura, nesses dois métodos de assentamento. Abaixo tem-se a figura que mostra os dois métodos de assentamento.

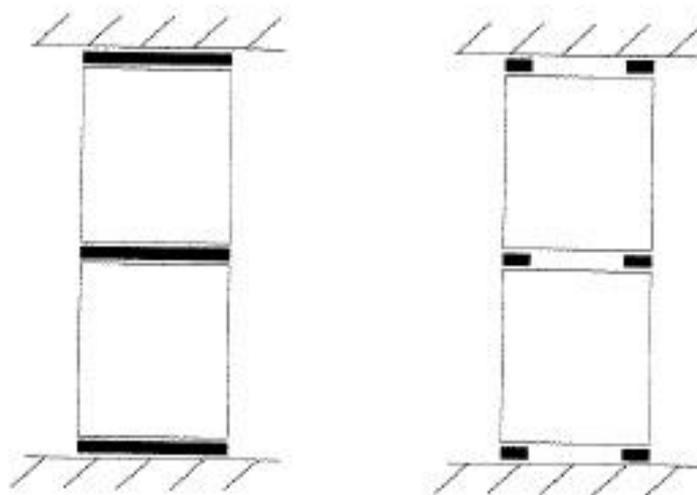


Figura 23- Argamassa aplicada plenamente e aplicada apenas nas bordas externas, Maas (2004).

Maas (2004), concluiu em seus estudos que em blocos cerâmicos estrutural, aplicados com argamassa em suas paredinhas, a resistência a compressão de prisma correspondeu a 37% da resistência a compressão dos blocos, enquanto que com argamassa aplicada plenamente, esse valor foi de 35%, ou seja, para bloco cerâmico estrutural, o assentamento longitudinal é mais significativo. Já nos blocos de concreto estrutural quando assentados com argamassa longitudinal, a resistência a compressão do prisma é 65% da resistência a compressão do bloco, enquanto que no assentamento pleno essa relação cai para 51%. Diferente dos prismas, nos ensaios de parede, as paredes em bloco de concreto, assentadas com argamassa longitudinal, apresentaram uma resistência de 10,2% maior que as paredes assentadas plenamente, enquanto que as paredes de bloco cerâmico estrutural tiveram uma queda de resistência de 18,4% com as argamassas aplicadas longitudinal.

Avaliando os resultados encontrados na bibliografia, atrelado ao que se costuma usar no mercado, mesmo Maas (2004), tendo estudado blocos estruturais, mas seus resultados serviram para definir o tipo de assentamento que foi utilizado nos ensaios de prisma e parede. Em todos os ensaios, o assentamento adotado, foi o longitudinal, por ser o mais usual nos canteiros de obra da região, além de gerar economia e ser mais prático na sua aplicação.

3 MATERIAS E METODOS UTILIZADO

3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Durante todas as fases da pesquisa experimental, foi importante a aquisição em massa de materiais básicos e primordiais para a confecção dos corpos de provas. Dentre os principais materiais utilizados na pesquisa, destaca-se: Blocos cerâmicos (9,0x9,0x19,0cm), argamassas industrializadas para reboco e assentamento de alvenaria e cimento.

3.1.1 Blocos cerâmicos de vedação

Para atender as praticas reais das alvenarias de vedação aplicadas nos canteiros de obra da Região Metropolitana do Recife (RMR). Foram coletados de um canteiro de obra, amostras de blocos cerâmicos de vedação, de dois fabricantes populares da região. Para validar as qualidades das amostras, foi feito apenas ensaios de compressão axial, para verificar as resistências e analisar se as mesmas atenderiam as resistências mínimas.

Segundo a norma NBR 15.270-3 (Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio), as amostras foram ensaiadas no laboratório de Engenharia Civil da U.F.P.E (Universidade Federal de Pernambuco) e constatou-se que apenas um dos fabricantes atendia as resistências mínimas prevista em norma NBR 15.270-1(Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos).

Segundo a norma NBR 15.270-1 (Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos), existem vários tipos de blocos cerâmicos de vedação. O bloco escolhido para ser utilizado nos experimentos, foi o bloco com furos na horizontal, cujas dimensões são: 9,0 cm de largura, 9,0 cm de altura e 19,0 cm de comprimento, abaixo temos o quadro com todas as tipologias dimensionais.

Tabela 9- Tipos de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M		11,5	11,5	24
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M	14		24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M	19		19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M			39	19

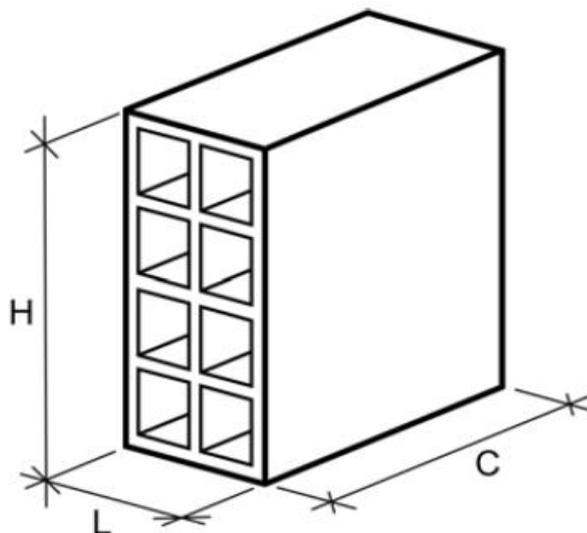


Figura 24- Modelo do bloco escolhido (9,0 x 9,0 x 19,0 cm)

Para aceitação de um lote de blocos cerâmicos de vedação, a norma NBR 15.270 solicita alguns ensaios: características geométricas, características físicas e características mecânicas. Porém, foram apenas feito os ensaios de característica mecânica, ou seja, resistência a compressão individual dos blocos. Com isso, para aprovação do lote, ensaiando apenas a compressão, a NBR 15.270-1, recomenda as seguintes exigências.

Posição dos furos	f_b MPa
Para blocos usados com furos na horizontal (figura 1)	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical (figura 2)	$\geq 3,0$
NOTA Ver anexo C da ABNT NBR 15270-3:2005.	

Figura 25- Valores de aprovação para resistência a compressão em blocos cerâmicos de vedação.

3.1.2 Argamassa industrializada de assentamento em alvenarias de vedação

A argamassa industrializada aplicada para o assentamento das alvenarias foi de um fabricante tradicional e bem aplicado nos canteiros de obra do mercado local da região metropolitana do Recife/PE, a mesma é específica para aplicações em alvenarias de vedação. Na tabela 10, têm-se as principais características de composição e uso da argamassa.

Tabela 10- Informações técnicas da argamassa para assentamento.

COMPOSIÇÃO: Produto composto por cimento, cal hidratado CHI, aditivos químicos, agregados minerais e areia, aprovados pelo Controle de Qualidade.
PREPARO: Utilizar uma masseira limpa. Para cada saco com 30kg de MASSA PRONTA PARA ALVENARIA adicionar 5,0 a 6,0 litros de água, manualmente ou mecanicamente. Deixar o material em repouso por 10 minutos e reamassá-lo antes do início da utilização
UTILIZAÇÃO: Adequado para alvenaria de vedação, proporcionando maior rapidez no erguimento das fileiras de blocos. O tempo máximo de utilização da MASSA PRONTA PARA ALVENARIA é de 2 horas, sendo vedada a adição de água após esse tempo

Além das características da tabela 10, o fabricante informa a classe da argamassa de assentamento, o teor de retenção de água e o teor de ar incorporado (tabela 11), para a aceitação, conforme a norma NBR 13281, cujo significado e classificação, se têm na tabela 12.

Tabela 11- Dados da argamassa de assentamento

IDENTIFICAÇÃO DA ARGAMASSA	D4-R2-P3-M4-A3-C5
RETENÇÃO DE ÁGUA	>90%
TEOR DE AR INCORPORADO	>18%

Tabela 12- Classificação geral da argamassa industrializada de assentamento

D4	Densidade de massa no estado fresco	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Densidade de massa no estado fresco kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1</td> <td>≤ 1 400</td> </tr> <tr> <td>D2</td> <td>1 200 a 1 600</td> </tr> <tr> <td>D3</td> <td>1 400 a 1 800</td> </tr> <tr> <td>D4</td> <td>1 600 a 2 000</td> </tr> <tr> <td>D5</td> <td>1 800 a 2 200</td> </tr> <tr> <td>D6</td> <td>> 2 000</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	D1	≤ 1 400	D2	1 200 a 1 600	D3	1 400 a 1 800	D4	1 600 a 2 000	D5	1 800 a 2 200	D6	> 2 000
		Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³													
		D1	≤ 1 400													
		D2	1 200 a 1 600													
		D3	1 400 a 1 800													
		D4	1 600 a 2 000													
		D5	1 800 a 2 200													
D6	> 2 000															
R2	Resistência a Tração na Flexão	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Resistência à tração na flexão MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td>≤ 1,5</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>1,0 a 2,0</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>1,5 a 2,7</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>2,0 a 3,5</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>2,7 a 4,5</td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>> 3,5</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Resistência à tração na flexão MPa	R1	≤ 1,5	R2	1,0 a 2,0	R3	1,5 a 2,7	R4	2,0 a 3,5	R5	2,7 a 4,5	R6	> 3,5
		Classe	Resistência à tração na flexão MPa													
		R1	≤ 1,5													
		R2	1,0 a 2,0													
		R3	1,5 a 2,7													
		R4	2,0 a 3,5													
		R5	2,7 a 4,5													
R6	> 3,5															
P3	Resistência a Compressão	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Resistência à compressão MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>≤ 2,0</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>1,5 a 3,0</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>2,5 a 4,5</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>4,0 a 6,5</td> </tr> <tr> <td>P5</td> <td>5,5 a 9,0</td> </tr> <tr> <td>P6</td> <td>> 8,0</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Resistência à compressão MPa	P1	≤ 2,0	P2	1,5 a 3,0	P3	2,5 a 4,5	P4	4,0 a 6,5	P5	5,5 a 9,0	P6	> 8,0
		Classe	Resistência à compressão MPa													
		P1	≤ 2,0													
		P2	1,5 a 3,0													
		P3	2,5 a 4,5													
		P4	4,0 a 6,5													
		P5	5,5 a 9,0													
P6	> 8,0															
M4	Densidade de massa aparente no estado endurecido	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M1</td> <td>≤ 1 200</td> </tr> <tr> <td>M2</td> <td>1 000 a 1 400</td> </tr> <tr> <td>M3</td> <td>1 200 a 1 600</td> </tr> <tr> <td>M4</td> <td>1 400 a 1 800</td> </tr> <tr> <td>M5</td> <td>1 600 a 2 000</td> </tr> <tr> <td>M6</td> <td>> 1 800</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³	M1	≤ 1 200	M2	1 000 a 1 400	M3	1 200 a 1 600	M4	1 400 a 1 800	M5	1 600 a 2 000	M6	> 1 800
		Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³													
		M1	≤ 1 200													
		M2	1 000 a 1 400													
		M3	1 200 a 1 600													
		M4	1 400 a 1 800													
		M5	1 600 a 2 000													
M6	> 1 800															
A3	Resistência Potencial de aderência á tração	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Resistência potencial de aderência à tração MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1</td> <td>< 0,20</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>≥ 0,20</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>≥ 0,30</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa	A1	< 0,20	A2	≥ 0,20	A3	≥ 0,30						
		Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa													
		A1	< 0,20													
A2	≥ 0,20															
A3	≥ 0,30															
C5	Coeficiente de capilaridade	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Coeficiente de capilaridade g/dm². min^{1/2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C1</td> <td>≤ 1,5</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>1,0 a 2,5</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>2,0 a 4,0</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>3,0 a 7,0</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>5,0 a 12,0</td> </tr> <tr> <td>C6</td> <td>> 10,0</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² . min ^{1/2}	C1	≤ 1,5	C2	1,0 a 2,5	C3	2,0 a 4,0	C4	3,0 a 7,0	C5	5,0 a 12,0	C6	> 10,0
		Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² . min ^{1/2}													
		C1	≤ 1,5													
		C2	1,0 a 2,5													
		C3	2,0 a 4,0													
		C4	3,0 a 7,0													
		C5	5,0 a 12,0													
C6	> 10,0															

De todos esses ensaios, os quais a fabricante informou sua classificação, apenas os ensaios de resistência a compressão e resistência a flexão por tração, foram de fato ensaiados, conforme a NBR 12379 (Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos- Determinação de resistência á tração na flexão e á compressão).

Outros ensaios de aceitação das argamassas não foram necessários serem feitos, pois a própria fabricante garantia sua aprovação conforme as normas NBR 13277 (Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água) e NBR 13278 (Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado).

3.1.3 Argamassa de revestimento

Assim como a argamassa de assentamento, a argamassa para revestimento, foi do mesmo fabricante, pois também era tradicional e bem aplicado nos canteiros de obra do mercado local da região metropolitana do Recife. Na tabela 13, têm-se as principais características de composição e uso da argamassa.

Tabela 13- Informações técnicas da argamassa para revestimento.

COMPOSIÇÃO: REBOCO PRONTO MASSA FINA é composto por cimento, cálcio, silício e areia classificada aprovada pelo Controle de Qualidade.
PREPARAÇÃO: A mistura do REBOCO PRONTO MASSA FINA com água deve ser feita em masseira limpa, manualmente ou mecanicamente com misturador, para cada saco de 30kg adicione: Reboco Interno: 5,5 a 6,0 litros de água.
ATRIBUTOS: Garante durabilidade, homogeneidade da mistura, excelente aderência e boa resistência no revestimento interno de alvenaria, redução de mão-de-obra e ausência de entulhos na obra. Garante maior rapidez na execução e no acabamento da obra para quem quer praticidade e segurança na hora de construir ou reformar.

Além das características da tabela 13, o fabricante informa ainda, a classe da argamassa de revestimento, teor de retenção de água e o teor de ar incorporado (tabela 14), para á aceitação, conforme a norma NBR 13281, cujo significado e classificação de cada classe, se têm na tabela 15.

Tabela 14- Dados da argamassa

IDENTIFICAÇÃO DA ARGAMASSA	D4-R4-P6-M4-A3-C5
RETENÇÃO DE ÁGUA	>90%
TEOR DE AR INCORPORADO	>8% e <18%

Tabela 15- Classificação Geral da Argamassa Industrializada de Revestimento

D5	Densidade de massa no estado fresco	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Densidade de massa no estado fresco kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1</td> <td>≤ 1 400</td> </tr> <tr> <td>D2</td> <td>1 200 a 1 600</td> </tr> <tr> <td>D3</td> <td>1 400 a 1 800</td> </tr> <tr> <td>D4</td> <td>1 600 a 2 000</td> </tr> <tr> <td>D5</td> <td>1 800 a 2 200</td> </tr> <tr> <td>D6</td> <td>> 2 000</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	D1	≤ 1 400	D2	1 200 a 1 600	D3	1 400 a 1 800	D4	1 600 a 2 000	D5	1 800 a 2 200	D6	> 2 000
		Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³													
		D1	≤ 1 400													
		D2	1 200 a 1 600													
		D3	1 400 a 1 800													
		D4	1 600 a 2 000													
		D5	1 800 a 2 200													
D6	> 2 000															
R4	Resistência a Tração na Flexão	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Resistência à tração na flexão MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td>≤ 1,5</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>1,0 a 2,0</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>1,5 a 2,7</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>2,0 a 3,5</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>2,7 a 4,5</td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>> 3,5</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Resistência à tração na flexão MPa	R1	≤ 1,5	R2	1,0 a 2,0	R3	1,5 a 2,7	R4	2,0 a 3,5	R5	2,7 a 4,5	R6	> 3,5
		Classe	Resistência à tração na flexão MPa													
		R1	≤ 1,5													
		R2	1,0 a 2,0													
		R3	1,5 a 2,7													
		R4	2,0 a 3,5													
		R5	2,7 a 4,5													
R6	> 3,5															
P6	Resistência a compressão	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Resistência à compressão MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>≤ 2,0</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>1,5 a 3,0</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>2,5 a 4,5</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>4,0 a 6,5</td> </tr> <tr> <td>P5</td> <td>5,5 a 9,0</td> </tr> <tr> <td>P6</td> <td>> 8,0</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Resistência à compressão MPa	P1	≤ 2,0	P2	1,5 a 3,0	P3	2,5 a 4,5	P4	4,0 a 6,5	P5	5,5 a 9,0	P6	> 8,0
		Classe	Resistência à compressão MPa													
		P1	≤ 2,0													
		P2	1,5 a 3,0													
		P3	2,5 a 4,5													
		P4	4,0 a 6,5													
		P5	5,5 a 9,0													
P6	> 8,0															
M4	Densidade de massa aparente no estado endurecido	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M1</td> <td>≤ 1 200</td> </tr> <tr> <td>M2</td> <td>1 000 a 1 400</td> </tr> <tr> <td>M3</td> <td>1 200 a 1 600</td> </tr> <tr> <td>M4</td> <td>1 400 a 1 800</td> </tr> <tr> <td>M5</td> <td>1 600 a 2 000</td> </tr> <tr> <td>M6</td> <td>> 1 800</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³	M1	≤ 1 200	M2	1 000 a 1 400	M3	1 200 a 1 600	M4	1 400 a 1 800	M5	1 600 a 2 000	M6	> 1 800
		Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³													
		M1	≤ 1 200													
		M2	1 000 a 1 400													
		M3	1 200 a 1 600													
		M4	1 400 a 1 800													
		M5	1 600 a 2 000													
M6	> 1 800															
A3	Resistência de aderência á tração	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Resistência potencial de aderência à tração MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1</td> <td>< 0,20</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>≥ 0,20</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>≥ 0,30</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa	A1	< 0,20	A2	≥ 0,20	A3	≥ 0,30						
		Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa													
		A1	< 0,20													
		A2	≥ 0,20													
A3	≥ 0,30															
C5	Coeficiente de capilaridade	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Coeficiente de capilaridade g/dm².min^{1/2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C1</td> <td>≤ 1,5</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>1,0 a 2,5</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>2,0 a 4,0</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>3,0 a 7,0</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>5,0 a 12,0</td> </tr> <tr> <td>C6</td> <td>> 10,0</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}	C1	≤ 1,5	C2	1,0 a 2,5	C3	2,0 a 4,0	C4	3,0 a 7,0	C5	5,0 a 12,0	C6	> 10,0
		Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}													
		C1	≤ 1,5													
		C2	1,0 a 2,5													
		C3	2,0 a 4,0													
		C4	3,0 a 7,0													
		C5	5,0 a 12,0													
C6	> 10,0															

De todos esses ensaios, os quais a fabricante informou sua classificação, nenhum deles foram testados, apenas aceitos, conforme garante o fabricante. Outros ensaios de aceitação das argamassas, também foram aprovados e garantidos pelo fabricante, segundo as normas NBR 13277 (Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água) e NBR 13278 (Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado).

Todos os equipamentos utilizados nos ensaios no decorrer da pesquisa, são de propriedade da própria U.F.P.E, nos quais se apresentam em ótimo estado de conservação e calibração e são recomendados para pesquisas. Dentre os equipamentos pertencentes ao laboratório de engenharia civil da universidade, alguns foram utilizados nessa dissertação, são eles: Prensa hidráulica, Fornos elétricos e prensa manual.

3.1.4 Prensa hidráulica

A prensa hidráulica de capacidade 3000 KN, modelo 5590-HLV Series, da fabricante Instron, tinha como intuito a realização dos ensaios de blocos e prismas á resistência a compressão. Os blocos e os prismas eram centralizados na base circular da prensa, onde tinha o gabarito já “desenhado” na superfície, para que a carga axial incidisse de forma centralizada na face superior do c.p. Nos ensaios de prisma, por apresentarem maiores alturas, principalmente em prismas de 3 (três) blocos, foi necessário elevar o prato superior da prensa, para que pudesse ter espaço suficiente no posicionamento do c.p's.



Figura 26: Prensa Hidráulica, ensaios a compressão.

Antes do inicio dos ensaios, o software Partner, foi configurado para ser ensaiados c.p's retangulares, com velocidade de 5 N/cm².s, conforme norma NBR 12118 e tipo de material. Antes de qualquer ensaio, era necessário informar ao software, as dimensões de largura e comprimento do c.p que seria ensaiado. Após a realização dos

ensaios eram extraídos as leituras de carga (KN), resistência a compressão (MPa), deslocamento (mm) e tempo (s), os quais eram salvo em planilha de excel no formato de texto.

Partner Result File			
Procedure:	CompressaoArthur		
Unique Stamp:	CIVILLABPENSAPC483		
Test Started:	05/01/2016	19:21:18	Hora ensaiada
Calculation Results			Dia do ensaio
Load at Break:	14,8100	kN	Cargas
Peak Load:	42,9100	kN	
Load at Peak Load:	42,9100	kN	
Formula:	2,5094	MPa	Resistência a compressão
Specimen Properties			
width:	190,0000	mm	Dimensões e área do C.P
Length:	90,0000	mm	
Area:	17100,0000	mm ²	
Test Tags			

Figura 27: Modelo de resultado aferido pelo software Partner.

3.1.5 Fornos

O forno utilizado para a realização dos ensaios em blocos, prismas e argamassas, é um forno trifásicos composto por resistências elétricas de aço Kanthal A, cuja potência de 18 kW e tensão de 380V, da fabricante Linn Elektro Therm. O mesmo é revestido por um material cerâmico refratário, garantindo seu isolamento térmico, no qual possui uma capacidade de operar a uma temperatura de até 1340°C, conforme especificação do fabricante.



Figura 28- Forno Elétrico

Para realização dos ensaios de blocos, foi necessário fazer uma adaptação no forno, criando um andar, com uma prateleira, suspensa por bases de barra de aço revestida com manta de lã de vidro, pois queria-se ensaiar um maior número de c.p's. Para os ensaios de prisma e argamassa, essa prateleira foi removida e os c.p's distribuído apenas na parte inferior.

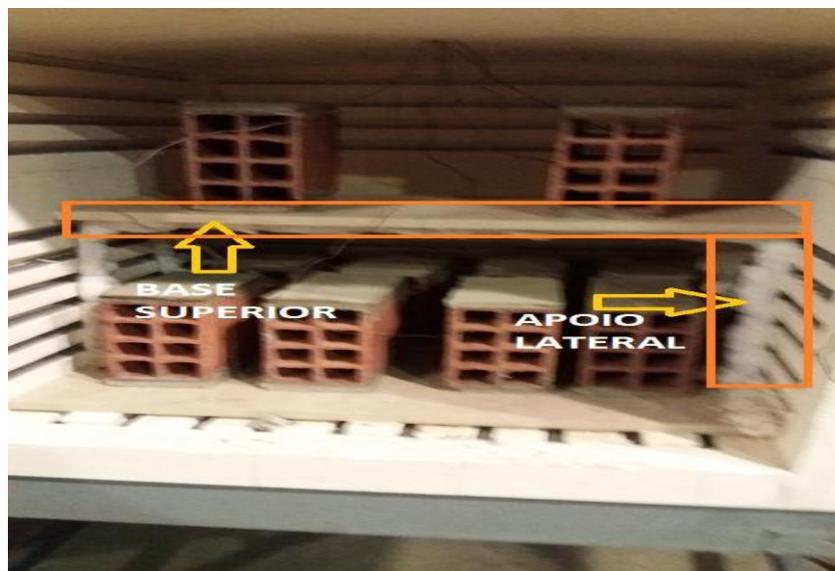


Figura 29- Adequação no forno elétrico para ensaios de blocos

É importante destacar que a resistência do forno, após um ensaio, necessitava de um período de pelo menos 24 horas para proceder a um novo ensaio. Isso era necessário para dar qualidade aos ensaios e o tempo de vida útil das resistências. Foi observado também, que mesmo obedecendo a esse intervalo tempo, em alguns ensaios, o forno não atendia as taxas de aquecimento desejada na programação, principalmente quando eram temperaturas acima de 500°C.

O forno utilizado para ensaios das paredes, também era trifásico, cuja potência máxima era de aproximadamente 1400°C, composto por resistência de aço Kanthal, em todas as paredes, não tem presença de porta e seu vão livre é de 1,0 x 1,0 m. O forno tinha suas temperaturas controladas, pelo controlador N 1100. Nos ensaios das paredes, foi necessário vedar o perímetro lateral do forno com manta de lã de vidro, para que houvesse um isolamento adequado.



Figura 30- Forno elétrico, utilizado para ensaios de pequenas paredes.

3.1.6 Prensa hidráulica manual

As argamassas foram ensaiadas, a tração e compressão, pela prensa hidráulica manual, do fabricante SoloTeste, á qual tem capacidade para 20.000 Kgf (196 Kn) a qual é especifica para ensaios de argamassas, conforme a NBR 13279, ensaios em prismas 4 x 4 x 16 cm, á tração e á flexão.



Figura 31- Prensa hidráulico manual para ensaios de flexão e compressão em argamassas.

Fonte:

http://www.solotest.com.br/novo/upload/pdfCatalogo/Catalogo_SOLOTEST_Cimento.pdf

Para atender aos ensaios de flexão e compressão, a prensa apresenta dois dispositivos, os quais têm a liberdade de modificar a superfície do ensaio, para permitir que os mesmo sejam realizados conforme a norma.



Figura 32: Dispositivos Rilen.

Fonte:

http://www.solotest.com.br/novo/upload/pdfCatalogo/Catalogo_SOLOTEST_Cimento.pdf

O dispositivo da esquerda (figura 31) serve para os ensaios a flexão e da direita para ensaios a compressão.

Os ensaios são feitos de forma manual, a qual é inserida uma alavanca na parte inferior da prensa e manualmente o prato inferior é deslocado para cima. Após os pratos (superior e inferior) estarem encostados no c.p, o ensaio então é iniciado, sendo medido pelo leitor digital (acoplado na parte superior da prensa). Esse equipamento não possui nenhum software para leitura das medições, então as medidas eram aferidas do leitor e anotadas manualmente.

3.2 MÉTODOS DE ENSAIOS UTILIZADOS

Em busca de uma pesquisa com resultados eficientes, práticas tradicionais no mercado da construção civil, atender as normas vigentes e avaliar as pesquisas já estudadas e as em andamento, a metodologia aplicada na tese se definiu após a criação de uma fase, chamada de pré-teste.

Por se tratar de uma pesquisa experimental, foi fundamental entender e avaliar previamente o comportamento dos tijolos, a influência de revestimento, a importância de prisma com dois e três blocos, o tipo de resfriamento e a quantidade de corpos de provas necessários para se gerar bons resultados. Para se ter umas idéias do processo experimental, aplicado na pesquisa, na tabela 16 têm-se o contexto resumido.

Tabela 16- Resumo dos ensaios experimentais.

FASE	ENSAIOS	TIPO DE RESFRIAMENTO/ REVESTIMENTO	Nº C.P'S p/ ensaio	NORMAS	TEMP. (°C)	TAXA (°C/MIN)	ENSAIOS
PRÉ TESTE	Blocos	Quente Lento Brusco	10 a 13	NBR 15270-3	200	5 & 10	Resistência compressão
	Prisma (2 e 3 blocos)		3	ASTM 67-14 EUROCODE 772-1	300 400 500 600		

TESTE	Blocos	Quente Lento Brusco	10	NBR 15270-3	200 300	10	Resistência compressão
	Prisma (2 blocos)		4	NBR 15961-2	400 500		Modulo de elasticidade
	Argamassa		3	NBR 13279	600		Ganho e perda de massa
	Parede	Rebocado 2 face Rebocado 1 face Sem reboco	2	NBR 5628	900 A 1100	Curva ISO	Tempo requerido de resistência ao fogo.

3.2.1 Fase pré-teste

A fase de pré-teste se iniciou com os ensaios praticados no laboratório de Engenharia Civil da U.F.P.E, após breves reuniões, precisamos definir e avaliar algumas questões que perduram como dúvidas e era fundamental avaliar previamente para poder tomar decisões, então tínhamos alguns critérios a serem analisados, foram eles:

- Analisar o comportamento de três tipos de resfriamento: lento (quanto tempo?), brusco (quanto tempo?) e ensaiar a quente;
- Avaliar quais temperaturas era importante serem ensaiadas;
- Qual taxa de aquecimento seria levada em consideração nos ensaios;
- O critério de parada de cada ensaio;
- Quantos corpos de prova seriam suficientes para obtenção de resultados eficaz;
- O número de termopares necessários para serem utilizados em cada ensaios de aquecimento;
- Avaliar os resultados dos ensaios aplicados em cada norma (ABNT, EUROCODE e ASTM);

Outro questionamento abordado na fase de pré teste, foi a avaliar o tratamento que seria dado aos corpos de prova logo após serem aquecidos. Como não existem normas específicas para ensaios em elevadas temperaturas em blocos cerâmicos, decidiu-se fazer uma correlação com as práticas costumeiramente utilizadas na prática. Então se definiu que os blocos e os prismas sofreriam resfriamentos lentos e bruscos, ficando no mínimo 24 horas em seus respectivos estados de conservação até serem de fato ensaiados.

Com relação ao aspecto das temperaturas e taxas de aquecimentos, na fase de pré-teste e para atender com qualidade e sem comprometer a eficiência do forno, definiu

nessa fase que seria utilizado temperaturas de 200°C até 600°C, porém com uma única taxa de aquecimento, que seria de 10°C/min.

Tentando atender a capacidade do forno sem comprometer a eficiência do ensaio, viu-se que para nos ensaios de blocos o número de dez c.p's por ensaio era uma quantidade suficiente de resultados. Já para os prismas, o número de quatro corpos de provas por ensaio seria suficiente. Diante disso, os c.p's ficavam distribuídos da seguinte maneira.



Figura 33- Distribuição dos blocos no forno

Com essa configuração, verificou-se que o número de 5 a 6 termopares seriam suficientes para se ter uma quantidade boa de leituras, de modo que fossem alocados em pontos estratégicos dentro do forno, para se obter bons resultados. Além da quantidade, ficou estabelecido que nos ensaios, o critério de parada era dado quando os cinco ou seis termopares alcançassem a temperatura desejada no ensaio.

Ainda na fase de pré-teste, foram analisados e estudados os ensaios de resistência a compressão seguindo a norma européia, EUROCODE 772-1 e americanas ASTM 67, para se comparar e avaliar os procedimentos executados em cada uma delas.

Tabela 17- Comparativo de método de ensaio de resistência a compressão pelas normas Brasileiras, Européia e Americana

Normas	Nº de C.P	Preparação	Tolerância (MPa)
NBR 15270-3	13	1 DEIXAR EM ÁGUA NO MINIMO POR 6 HORAS	$\geq 1,5$
ASTM 67-14	5	1- SUBMETER OS C.P Á SECAGEM EM ESTUFA (110-115 C), DURANTE 24 HORAS E ATÉ DUAS PESAGENS SUCESSIVAS EM INTERVALOS DE 2 HORAS NÃO TER UM INCRMENTO DE PERDA SUPERIOR A 0,2% RELATIVA AO PESO ANTERIOR. 2-ESFRIAR AS AMOSTRAS EM UMA SALA COM 24 C, E UMIDADE ENTRE 30 E 70 % EM UM PERIODO DE 4 HORAS.	$\geq 1,5$
EUROCODE 772-1	6	1- ARMAZENAR OS C.P, DURANTE 14 DIAS EM UMA TEMPERATURA DE MAIOR QUE 15 C E UMIDADE RELATIVA MENOR QUE 65%. 2-SUBMETER OS C.P Á SECAGEM EM ESTUFA (105 +5 C). PARA MEDIR A MASSA SECA. PESAR OS C.P A CADA 1 HORA ATÉ QUE O DUAS PESAGENS CONSECUTIVAS DIFIRAM DE DE NO MÁXIMO 0,2%. 3- DEIXAR RESFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE POR 4 HORA.	$\geq 1,5$

O que se observa na tabela 17 é de que os nos ensaios da EUROCODE e ASTM, os blocos são ensaiados seco, enquanto que na NBR, os mesmo são ensaiados úmidos, o que dar a entender que em cada país, o estado físico de ensaio dos blocos seja considerado quando os blocos estejam no seu pior estado físico. Outro ponto observado, é o numero de amostras ensaiadas em cada norma, ou seja, a NBR, pede um numero 2 vezes maior que a ASTM e EUROCODE.

3.2.2 Fases do ensaio em blocos e prisma

Preparação

Os blocos foram confeccionados uma parte em um canteiro de obra próximo a universidade, por ter uma equipe técnica de boa qualidade, material suficiente para estocagem e espaço amplo para armazenagem, outros foram confeccionados no próprio laboratório de engenharia civil da U.F.P.E. Em ambos os locais, os corpos de prova duravam dois dias para ficarem, pronto, pois no primeiro dia se capeava um lado do bloco e no outro dia se capeava o outro lado. As amostras que foram confeccionadas no canteiro de obra eram transportadas em veículo fechado até o laboratório para que fossem ensaiados.

Ao contrario dos blocos, todos os prismas foram confeccionados no próprio laboratório, por um técnico especializado e capacitado para elaboração dos corpos de

prova. No caso dos prismas, a confecção durava dois dias para ficar prontos, pois no primeiro dia eram feito os capeamentos e no outro dia a união com argamassa dos blocos.

Em todos os casos, tanto para os prismas, sempre se priorizava confeccionar um lote de pelo menos uma quantidade suficiente para fazer ao menos um ensaio, visando dar as mesmas qualidades aos blocos e prismas que seriam ensaiados.



Figura 34- Blocos após capeamento esperando para serem ensaiados

Após a confecção dos blocos, os mesmo eram pesados antes mesmo de serem colocados no forno, pois tinha como intuito medir a perda de massa após o aquecimento. Em todos os ensaios os blocos e prismas seguiram a mesma seqüência de posicionamento interno dentro do forno, ou seja, os blocos e os prismas eram numerados e em todos os ensaios as posições internas obedeciam à mesma numeração.



Figura 35- Numeração dos blocos e pesagem dos blocos.

Após os c.p's posicionados, era a vez de posicionar os termopares tipo K, (os quais foram usados em todos os ensaios, tanto de prisma quanto de bloco), para serem lidos pelo equipamento spider 8 e o software Catman4.5. Os termopares eram sempre utilizados da seguinte maneira:

- **Termopar Livre (T.L)**- Esse termopar sempre ficava localizado entre os blocos 2,4,6,7, na parte inferior do forno e no centro, cujo o intuito era fazer as leituras reais do forno, acompanhando com os valores passado pelo mesmo.
- **Termopar na Frente na parede de fora (T.F.L)**- Esse termopar sempre ficava localizado encostado nas paredes externas dos blocos 5,6,7 ou 8, mudando sua posição em cada ensaio.
- **Termopar na Frente na parede de dentro (T.F.D)**- Esse termopar sempre ficava localizado encostado nas paredes internas dos blocos 5,6,7 ou 8, em concomitantemente com os termopares T.F.L, mudando sua posição em cada ensaio.
- **Termopar atrás na parede de fora (T.A.L)**- Esse termopar sempre ficava localizado encostado nas paredes externas dos blocos 1,2,3 ou 4, mudando sua posição em cada ensaio.
- **Termopar atrás na parede de dentro (T.A.D)**- Esse termopar sempre ficava localizado encostado nas paredes internas dos blocos 1,2,3 ou 4, em concomitantemente com os termopares T.A.L, mudando sua posição em cada ensaio.
- **Termopar Superior (T.S)**- Esse termopar foi utilizado só em alguns ensaios, e ele ficava locado na parte superior do forno, sempre entre os blocos 9 e 10.

Assim como aconteciam nos blocos, nos prismas se usavam a mesma metodologia na distribuição dos corpos de prova, o que mudava era que como cada ensaio precisava de 4 prisma, então para um aquecimento, ensaiava-se duas temperaturas, ou seja, para um aquecimento de 300°C, quando dava 200°C em todos os prismas, retirava 4 c.p's (ensaiava-se a 200°C) e continuava o ensaio até que obtive-se os 300°C planejado inicialmente.

Após colocação dos termopares e configuração do software, era feito a programação do forno, ou seja, era importante alimentar as informações necessárias para que o forno pudesse fazer o aquecimento adequado. Para isso, o programador do forno, era configurado em cada ensaio, com as informações pertinentes, como por exemplo, em um ensaio de 200°C, as informações fornecidas constam na tabela 18. .

Tabela 18- Configuração do Forno

Tempo 1	10 minutos
Temperatura 1	100°C
Tempo 2	20 minutos
Temperatura 2	200°C
Tempo H	40 minutos
Temperatura H	300°C
Temperatura S	250°C

Para se obter uma taxa de 10°C/min, era necessário que os tempos e temperaturas 1 e 2 obedecessem uma programação linear, embora as temperaturas iniciais no forno fossem sempre ente 30°C e 35°C. A temperatura H era delimitada sempre como 100°C a mais do que se queria, para que o termopar que estivesse em um local de difícil localidade pudesse obter a temperatura requisitada em tempo H, que também era escolhido como sendo o dobro do tempo 2. A temperatura S era a temperatura final de resfriamento, que em todos os ensaios era a média entre temperatura 2 com a temperatura H.

Após a calibração e a programação feitas, os ensaios eram iniciados e sempre eram feitas os acompanhamentos das leituras dos termopares pelo software, com no máximo uma duração de 2 horas e 20 minutos aproximadamente, equivalentes aos ensaios de 600°C.

Ensaio de resistência a compressão:

○ **Ensaio com rompimento a quente:**

. O processo de ensaio seguia a seguinte seqüência: após sair do forno (com equipamentos de manuseio adequados para carregar os c.p's em altas temperaturas), os c.p's eram pesados (só no caso de blocos), colocados na prensa hidráulica e por fim iniciado os carregamento, até haver a ruptura do c.p. Esse processo durava em média de 4 a 5 minutos por ensaio, até a limpeza final da prensa, para então poder ser iniciado um novo ensaio. É bom lembrar que todos os c.p's, de blocos e prismas, foram fotografados e após os ensaios de cada dia, todos os dados eram coletados do software Partner e posteriormente eram analisados. Nas figuras 36 e 37, amostras de corpos de provas de blocos e prismas ensaiados a quente.

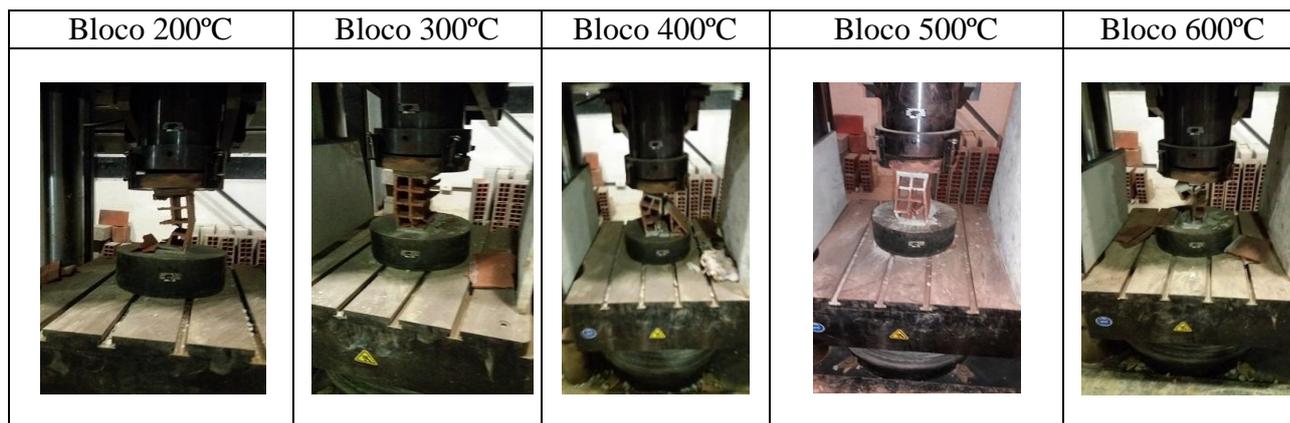


Figura 36- Blocos rompidos a quente

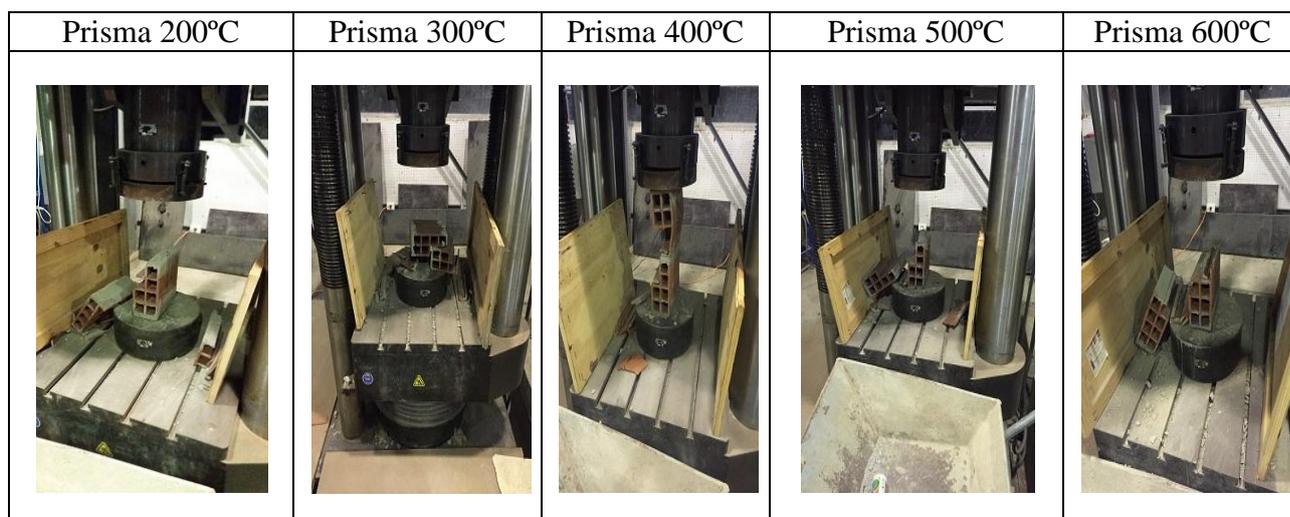


Figura 37- Prismas rompidos a quente

Nos ensaios de resistência a compressão de blocos e prismas, eram feitas as análises dos tipos de ruptura dos c.p's, das resistências a compressão dos blocos frontais e posteriores, assim como era coletado as informações de carga (N) e dos deslocamentos, para calcular os módulos de elasticidade de cada c.p's.

○ **Ensaio com Resfriamento Brusco**

Após o processo de aquecimento, os corpos de provas eram removidos um a um, pesados e logo em seguida postos em um recipiente preenchido completamente com água, geralmente utilizava-se uma caixa d'água. Foi observado nos ensaios, que ao colocar os mesmo em água começaria então o processo de ebulição da água, chegando em alguns casos á escutar estalos dos blocos cerâmicos. Por fim o recipiente era fechado e com isso os corpos de prova permaneciam por 24 horas.

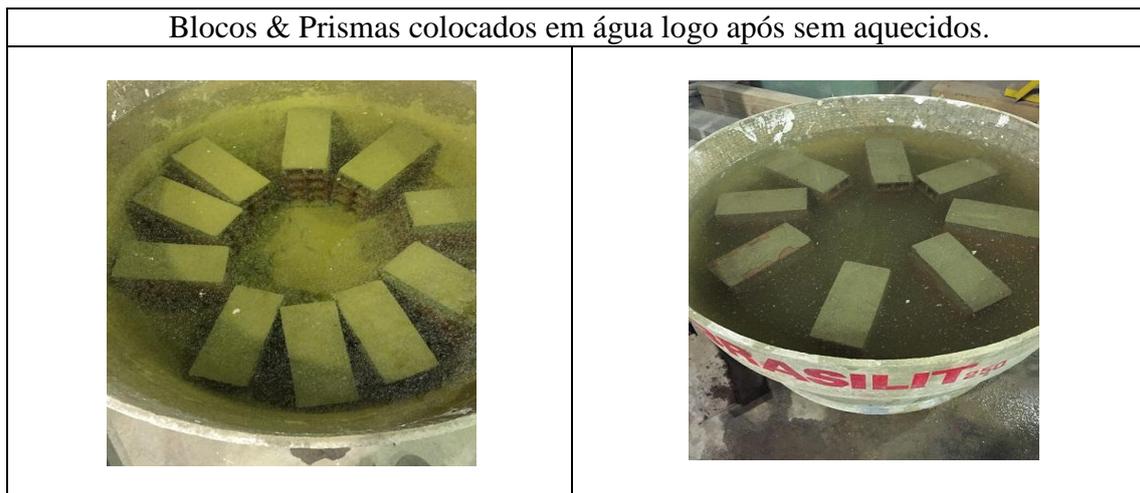


Figura 38- Bloco e Prismas postos em água depois de aquecidos

Logo após as 24 horas submersas em água, os c.p's eram conduzidos para a pesagem, entretanto em ensaios cujas temperaturas eram superiores a 400°C, apresentavam na maioria das vezes, capeamentos danificados. Diante disso, o capeamento era totalmente removido, o c.p não tinha sua pesagem contabilizada pois a leitura não iria influenciar mas o mesmo era ensaiado normalmente sendo que tinha seu capeamento totalmente removido para não prejudicar a superfície na hora do ensaio de compressão. Na figura 39, os cp's logo após serem removidos do compartimento com água.



Figura 39- Blocos e Prismas retirados de água após 24 horas submersas.

Na figura 39, consegue-se ver um lote de blocos que foi removido do compartimento com água, para ser ensaiado. Observa-se também na figura 39, blocos com capeamento completo e outros sem nenhum capeamento.

Nos prismas, a situação era outra, após aquecimentos acima de 400°C percebia-se que muitos c.p's tinham a perda da aderência das argamassas que unia o prisma, provavelmente ocasionado por conta do elevado grau de aquecimento e em sequência o resfriamento brusco, mesmo isso acontecendo os mesmos eram ensaiados normalmente. Vale ressaltar que assim como havia perda de capeamento nos blocos, o mesmo ocorria para os prismas.



Figura 40- Prisma após sofrer resfriamento brusco

Após a remoção e pesagem, os blocos eram levados para a prensa hidráulica e em seguida eram ensaiados um a um. Nas figuras 40 e 41 os blocos rompidos após sofrer rompimento brusco.

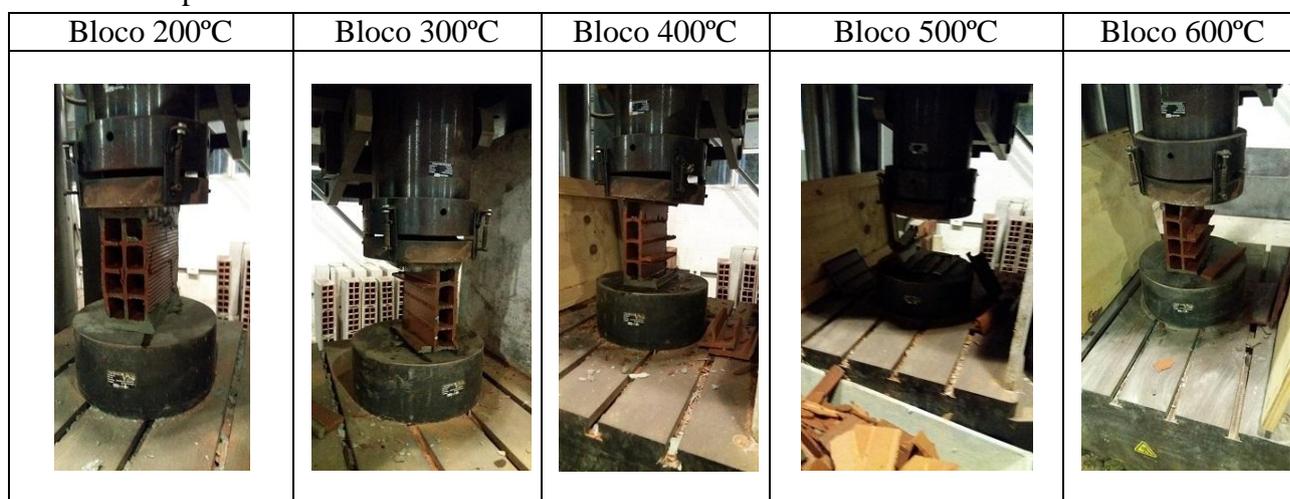


Figura 41- Blocos rompidos bruscamente

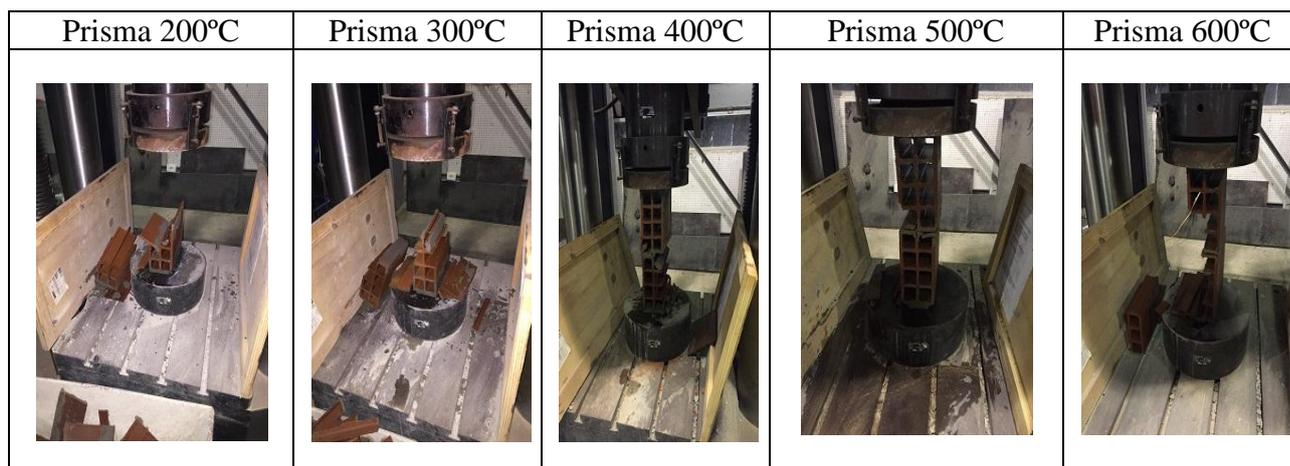


Figura 42- Prismas rompidos bruscamente

Assim como no ensaio a quente, nos ensaios de rompimento bruscos as resistências à compressão de blocos e prismas, eram analisadas os tipos de ruptura dos c.p's, as resistências à compressão dos blocos frontais e posteriores, assim como era

coletado as informações de carga e deslocamento calcular os módulos de elasticidade de cada c.p's.

○ **Ensaio com Resfriamento Lento**

Os ensaios de resfriamento lento se iniciavam após os 28 (vinte e oitos) dias dos c.p's terem sido confeccionados. Os c.p's primeiramente eram pesados (apenas blocos) e postos um a um no forno elétrico Linn Elektro Therm, os termopares posicionados e por fim o forno era ligado e se iniciava o ensaio até as temperaturas desejadas.

Assim como nos ensaios brusco, os c.p's depois de aquecidos eram pesados e posto em temperatura ambiente, por 24 (vinte e quatro) horas, em local adequado e isolado de qualquer problema fortuito, até serem levados para a prensa hidráulica e serem ensaiados a resistência à compressão.

Foram observados que os blocos acima de 400°C, quando eram removidos do forno elétrico, apresentavam uns estalos, na composição da estrutura, porém não chega a desintegrar os c.p's. Outra observação foi que diferentemente dos ensaios bruscos, os prismas permaneciam em sua composição intacta, no quesito de aderência dos blocos com argamassa.



Figura 43- Blocos e Prismas resfriando em temperatura ambiente após aquecimento.

Os ensaios feitos na prensa hidráulica tinham seus resultados medidos pelo software Partner, o qual era salvo e extraído após todos os ensaios do dia. Assim como nos outros ensaios, todos os c.p's eram fotografados logo após a ruptura, para uma análise do tipo de ruptura. Nas figuras 44 e 45, os ensaios de blocos e prismas em suas respectivas temperaturas de ensaio.

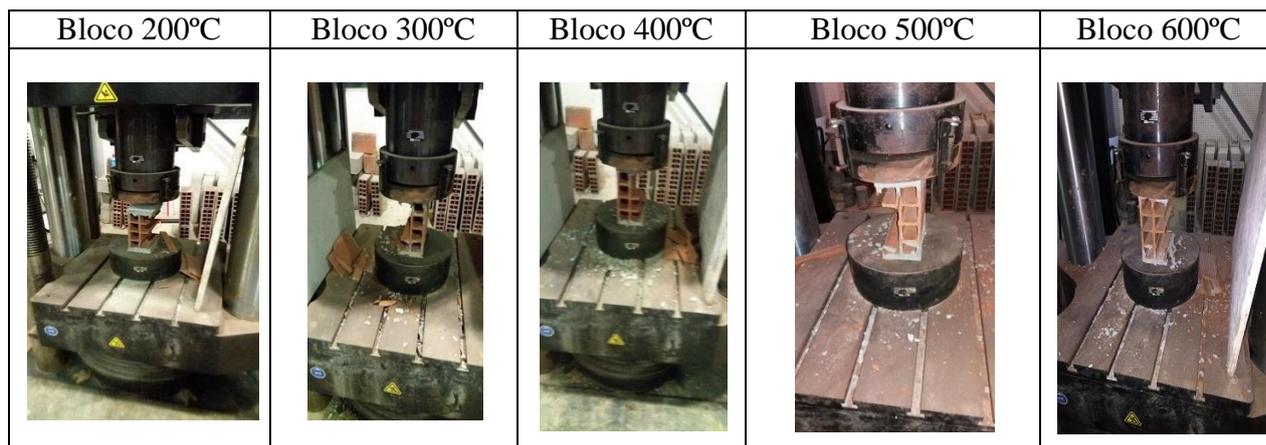


Figura 44- Blocos rompidos lentamente

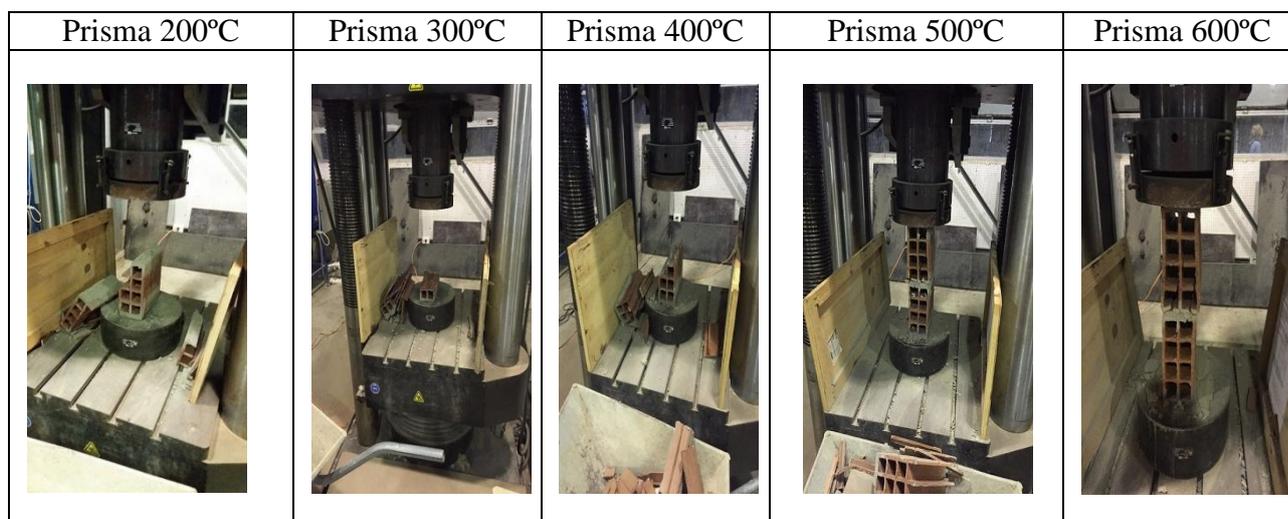


Figura 45- Prismas rompidos lentamente

Após conclusão a dos ensaios, todos os resíduos oriundos dos rompimentos de c.p's, eram recolhidos e jogados na área externa do galpão, propícia para receber rejeitos de ensaios no laboratório. Além disso, a prensa hidráulica era totalmente limpa logo após cada ensaio diário, para manter a devida conservação de uso.

3.2.3 FASES DO ENSAIO EM ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

As argamassas foram confeccionadas através de prismas (4,0 x 4,0 x 16,0 cm), conforme recomenda a norma NBR 13279 e ensaiadas com os mesmos critérios dos blocos e prismas, ou seja, aquecidas á 200°C, 300°C, 400°C, 500°C e 600°C e rompidas a quente, bruscamente e lentamente. Foram moldados 3 (três) c.p's para cada situação requisitada, ou seja, 3 (três) c.p's para temperatura de 200°C em ensaio lento, e assim sucessivamente. Foram ensaiados os c.p's aos 7 (sete) dias em temperatura ambiente e aos 28 dias em temperatura ambiente e aquecidos.

Para se otimizar os ensaios, criou-se um técnica onde todos os ensaios de aquecimento, foram elaborado no mesmo dia. Os c.p's foram divididos em 5 grupos (por ser 5 níveis de temperatura diferentes), sendo unidos por 11 c.p's em cada grupo,

(3 c.p's para lento, 3 c.p's para brusco, 3 c.p's para ensaio á quente e 2 c.p's para servir de base). Os grupos foram alocados dentro do forno elétrico da Linn Elektro Therm, nos quais cada grupo tinha seu respectivo termopar instalados na superfície interna do c.p da base. Além dos c.p's dos grupos, ainda foi colocado mais um c.p (figura 51) com três furos, subdivididos ao longo do seu comprimento, para acompanhar medidas de aquecimento.



Figura 46- Corpo de prova, utilizado para medir as temperaturas do forno.

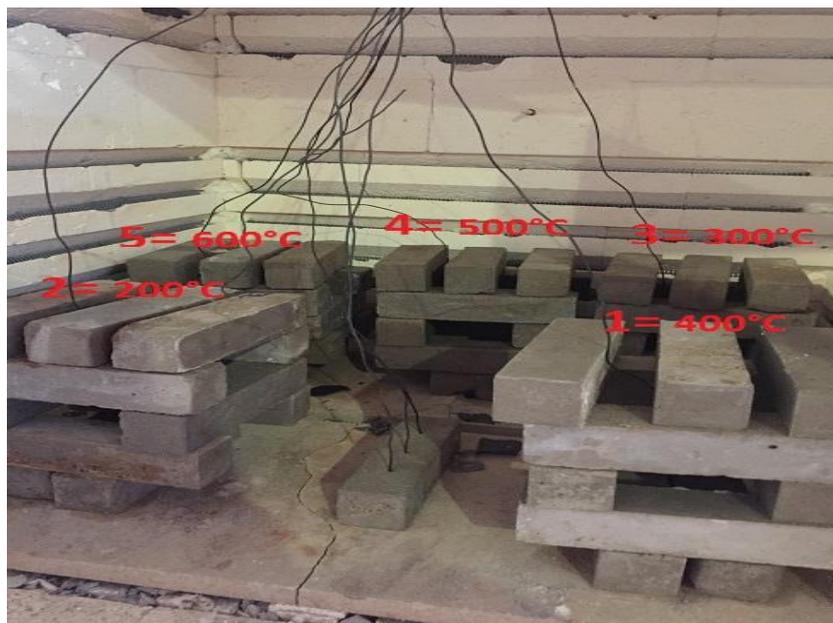


Figura 47- Layout dos ensaios de argamassa industrializada em elevadas temperaturas

Como se observa na figura 46 os cinco grupos de argamassas, distribuídos em forma de “fogueira”, os mesmos eram aquecidos e quando a temperatura interna de grupo chegava as temperaturas desejadas, iam-se removendo aquele grupo, para então serem ensaiados e permaneciam os restantes até serem obtidos as temperaturas de ensaio desejada.

Após a retirada dos c.p's, os mesmos eram pesados, 3 deles já eram ensaiados a compressão, 3 postos em água e 3 permaneciam em temperatura ambiente. Após as 24 horas os c.p's que estavam em água e em temperatura ambiente eram ensaiados e após

esse procedimento os ensaios eram finalizados e teriam seus resultados de ganho e perda de massa, juntamente com os valores da resistência para serem avaliados.

Devido à prensa hidráulica ser manual, não se pôde medir os deslocamentos e as cargas ao longo das deformações, por isso os módulos de elasticidade nas argamassas não foram estimados.

3.2.4 FASES DO ENSAIO EM ALVENARIA

Após estudos em ensaios de paredes submetidas ao fogo, definiu-se que objetivo dos ensaios em questão, era avaliar o comportamento da camada de reboco. Diante disso, observou-se que era necessário um número mínimo de ensaios de paredes sem reboco, com reboco em ambos os lados e paredes com reboco em apenas um dos lados. Então ficaram definidas, que por questões de custo e prazo, seriam ensaiadas duas paredes para cada situação.

As alvenarias começaram a ser confeccionadas, por uma equipe de 2 (dois) pedreiros e 1 (um) ajudante, cedida por uma empresa que colaborou com a pesquisa. Foram erguidas três paredes no primeiro dia e mais três no segundo dia. Após as 24 horas da mesma erguida, foram rebocadas, com argamassa industrializada.

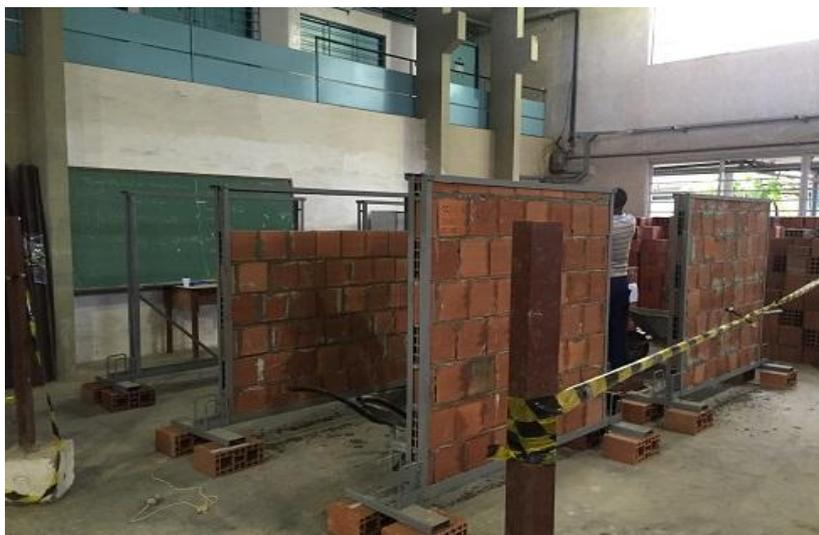


Figura 48- Início de construção das alvenarias de vedação



Figura 49- Finalização da construção das alvenarias, aguardando os 28 dias cura.

Após 28 (vinte e oito) dias das paredes erguidas, se iniciaram os ensaios de aquecimento nas mesmas, dentro do próprio galpão de engenharia civil. Para se ter uma melhor idéia do processo de montagem das paredes, abaixo se tem a rotina de montagem, utilizada em todas as paredes:

1. A face oposta das paredes era demarcada em áreas iguais, para locação dos 5 termopares que faziam as leituras de aquecimento das temperaturas. (figura 50)
2. Os termopares eram fixados (deixando apenas a ponta do termopar, encostado na superfície da parede) na face oposta das paredes, por fita adesiva e arame galvanizado 18, presos na estrutura metálica do pórtico (para os dois termopares localizado abaixo) e presos em uma tabua de madeira, (para os dois termopares de cima e um do meio) que servia para travamento (figura 51).
3. Assim como os termopares externos, deixavam-se também 3 (três) termopares na parte interna do forno para acompanhar as leituras de aquecimento.
4. O forno era posto encostado na parede, onde todo perímetro de contato era vedado por uma manta de lã de vidro e utilizavam-se dois ganchos embaixo e dois em cima para melhor fixação da parede-forno.
5. Por fim, os softwares eram instalados (Quantum-X e Spider 8), o forno já estava programado para aquecimento conforme curva da ISO e então ligava-se os equipamentos e iniciavam-se os ensaios.

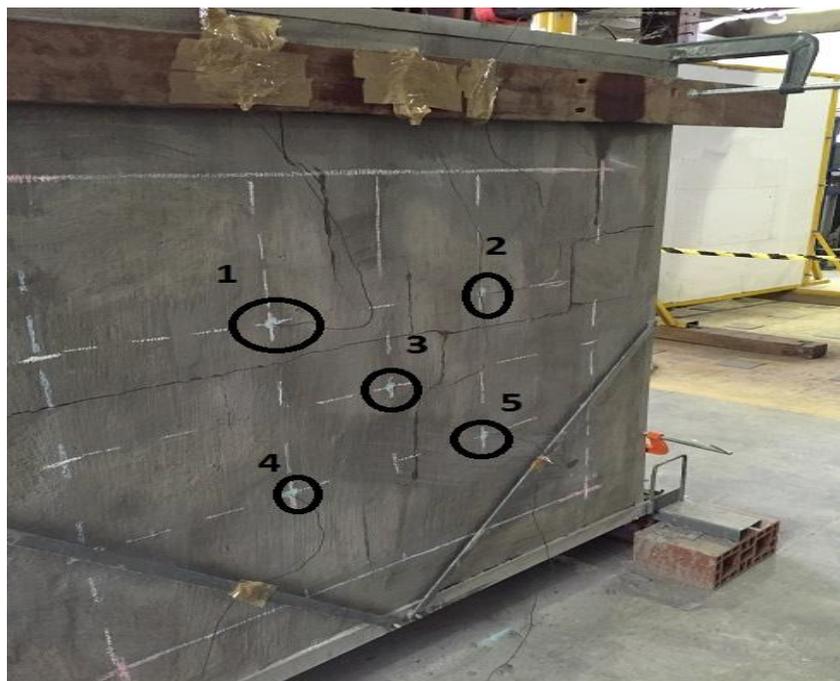


Figura 50- Localização dos termopares na parede, na superfície oposta ao fogo.



Figura 51- Fixação dos termopares externos, na parte superior e inferior, da face exposta ao fogo.

Após iniciado os ensaios, as paredes eram pré-aquecidas (durava em torno de 19 a 22 minutos) até 100°C , para posteriormente serem aquecidas até elevadas temperaturas. Durante o aquecimento, se observava as fissuras que iriam se formando, se havia ou não liberação de gases, acompanhava as leituras dos termopares e verificava se todos os termopares externos estavam posicionados corretamente, pois houve ocasiões dos mesmos moverem-se do ponto instalado.



Figura 52- Primeiras fissuras apareciam em média após 15 minutos de aquecimento.

O tempo de resistência das paredes era contado após o pré-aquecimento e só era finalizado, quando o chumaço de algodão era queimado ou quando a média das temperaturas dos termopares externos, era 140°C a mais que a média.

Após as paredes aquecidas, eram coletadas as leituras de aquecimento dos termopares, tanto interno quanto externo, e imediatamente era medido o resfriamento da superfície interna e externa das paredes.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Para avaliar os resultados, foram utilizados três métodos estatístico: DIXON, CHAUVENET e ESCORE Z MODIFICADO. Os métodos serviram, para avaliar os valores dispersos (*Outlier*), de maneiras distintas, a seguinte ordem de análise: Dixon -> Chauvenet-> Escore Z modificado. Por se ter quantidades de amostras diferentes, nos ensaios de blocos e prismas, os métodos foram aplicados da seguinte maneira.

Tabela 19- Métodos utilizados na análise estatísticas dos resultados

Blocos		Prismas	
Resistência Compressão	Módulo Elasticidade	Resistência Compressão	Modulo Elasticidade
Dixon	Dixon	Dixon	Dixon
Chauvenet	Chauvenet	x	x
Escore Modificado	Z Escore Modificado	Z Escore Modificado	Z Escore Modificado

3.3.1 Método de Dixon

O teste de Dixon- é uma das maneiras para se avaliar dados considerados suspeitos de pertencerem a uma população. O valor D de Dixon é definido como a

relação entre a diferença existente entre o valor suspeito e o valor mais próximo a este e a diferença entre o maior e o menor valor do conjunto de medidas.

O valor de $D_{\text{calculado}}$ é comparado com o valor de D_{tabelado} , para o nível de confiança desejado, caso este não seja maior que o tabelado o valor suspeito é mantido caso contrário é rejeitado.

A estatística utilizada é dada através da tabela de Dixon onde são encontrados os valores críticos (tabela no apêndice F), que são comparados com os valores retirados da amostra obedecendo ao seguinte procedimento:

1. Ordenar os dados amostrais em ordem crescente;
2. Calcular o valor de D ;
3. Comparar com o valor crítico (tabelada no apêndice F) da tabela de Dixon.

- se o total de resultados estiver entre 3 e 7, (situação utilizada para análise dos prismas, que tinha 4 c.p's por ensaio).

$$D_{\text{calc}} = \frac{Z(2) - Z(1)}{Z(H) - Z(1)} E \frac{Z(H) - Z(H - 1)}{Z(H) - Z(2)} \quad (1)$$

- se o total de resultados estiver entre 8 e 12, (situação utilizada para análise dos blocos, que tinha 10 c.p's por ensaio).

$$D_{\text{calc}} = \frac{Z(3) - Z(1)}{Z(H - 2) - Z(1)} E \frac{Z(H) - Z(H - 2)}{Z(H) - Z(2)} \quad (2)$$

SE, $D_{\text{calc}} < D_{\text{tab}5\%}$ = “Mantido” se não “Excluí”.

Para os ensaios de blocos, com $n=10$, o $D_{\text{tab}5\%} = 0,53$ e para prismas, com $n=4$, $D_{\text{tab}5\%} = 0,829$.

3.3.2 Método de Chauvenet

É comum que o experimentalista ache que alguns valores medidos em certo experimento extrapolam a tendência dominante. Estes valores podem ser de fato, medições erradas, como podem também representar certo fenômeno físico de interesse. Por este motivo, estes valores que fogem à tendência dominante não podem ser descartados sem recorrer a critério consistente para sua eliminação.

Sejam n medições de uma grandeza, onde n é grande, de modo que os resultados seguem uma distribuição Gaussiana. Esta distribuição fornece a probabilidade de que um dado valor medido esteja desviado de certo valor da média esperada. Não se pode esperar probabilidade menor que $1/n$. Assim, se a probabilidade para o desvio de certo valor medido é menor que $1/n$, pode-se qualificá-lo para ser eliminado do conjunto de dados. Na realidade, testes mais restritivos são aplicados para eventualmente eliminar valores medidos. O critério de Chauvenet é um deles: especifica que um valor medido pode ser rejeitado se a probabilidade m de obter o desvio em relação à média é menor que $1/2n$. Este método obedece ao seguinte procedimento.

1. Calcular a média aritmética e o desvio-padrão amostral dos valores.
2. Identificar os valores extremos: maior valor e menor valor.
3. Determinar, para cada um dos valores extremos, a diferença d entre ele e a média aritmética e s é o desvio padrão.
4. Calcular a relação dl/s
5. Determinar o valor tabelado para o tamanho da amostra em estudo.
6. Se a relação for menor que o valor tabelado (tabela no apêndice F), aceitar o ponto extremo; caso contrário, eliminá-lo da amostra.
7. Eliminado o valor disperso, refazer a análise com os valores restantes, até que todos os valores sejam considerados não dispersos.

3.3.3 Método de escore z modificado

Este teste tem sido usado de forma mais extensiva que o teste que considera como *outlier* simplesmente os valores que superam a soma da média aritmética como três desvios padrão, ou a média menos três desvios padrão, pois que tanto a média como o desvio padrão são, já, afetados pela presença do *outlier*.

O teste de Z core modificado usa estimadores robustos, como a mediana, o que garante não terem sido os valores utilizados para definir um outlier afetado pelo mesmo. Este método obedece ao seguinte procedimento.

1. Ordenar as n medidas em ordem crescente;
2. Calcular a média aritmética das n medidas;
3. Calcular $|x_i - x_m|$ de cada n medida;
4. Calcular a média dos $|x_i - x_m|$;
5. Calcular $Z_{imod} = 0,6745 * ((x_i - x_m) / (\sum_{i=0}^n (x_i - x_m) / n))$
6. Se $Z_{imod} < 3,5$ = “Matem valor”;
7. Se $Z_{imod} > 3,5$ = “Exclui valor”;

4 RESULTADOS DE ENSAIOS EM BLOCOS, PRISMA E ALVENARIA

Nos ensaios, as leituras dos resultados foram medidas por programas de computadores, capazes de medir as resistências e as temperaturas. Os ensaios a compressão foram medidos pelo programa Partner, enquanto que as temperaturas eram registradas pelo Catman 4.5 e pelo Quantum-X.

Foram observados e analisados em todos os ensaios, aspectos físicos e mecânicos dos c.p's. Para se ter uma melhor leitura dos resultados, dividiu-se os resultados em blocos, prismas, argamassas e paredes e foi feita uma análise em cada processo.

4.1 ENSAIOS EM BLOCOS CERÂMICOS

Os ensaios dos blocos iniciaram-se com a validação conforme a norma NBR 15270-3. Os blocos foram posto em água por seis horas antes do ensaio. Além de validar os a aceitação do lote, os resultados serviram como comparativos para o ensaio dos blocos aquecidos. Avaliando os resultados individuais, a média como um todo e o desvio padrão dos resultados. Na tabela 20, estão os resultados:

Tabela 20- Resultado dos Blocos conforme NBR 15270-3

BLOCO	Resistência (fcb) MPA
1	3,646
2	3,248
3	1,849
4	2,177
5	3,160
6	1,729
7	2,096
8	3,896
9	3,856
10	4,358
11	3,953
12	1,889
13	1,524
Fckm	3,160
Dp	1,018

Na tabela 20, observa-se que aproximadamente 31% dos resultados foram com fcb menor ou igual a 1,8 MPa, 15% dos resultados, tiveram fb maior que 2,0 MPa e menor que 3,0 MPa, 46% dos resultados, tiveram fcb maior que 3,0 MPa e menor que 4,0 MPa e apenas 8% dos fcb foram maior que 4,0 MPa. Além disso, observa-se que

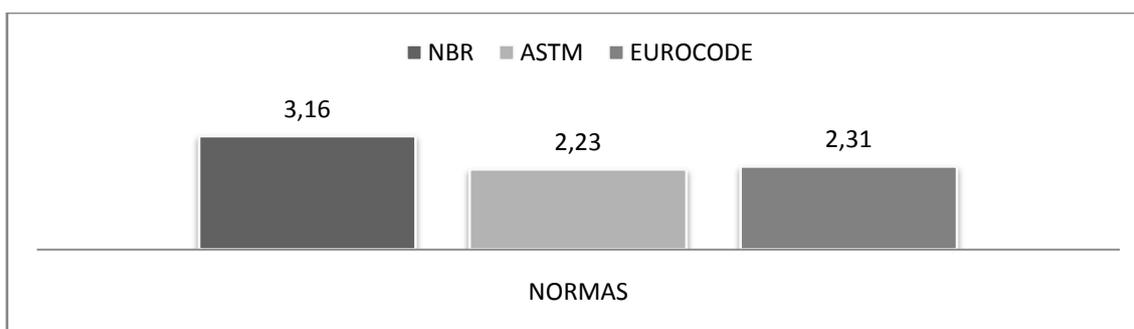
todos os c.p's, apresentaram resultados acima de 1,5 MPa, ou seja, o lote foi aprovado e com isso os blocos poderão ser utilizados em todo o experimento.

Além dos ensaios na norma brasileira, também foram ensaiados os blocos, perante a norma americana (ASTM) e norma européia (EUROCODE), conforme pode-se ver na tabela 21.

Tabela 21- Resultados a compressão segunda as normas NBR, EUROCODE e ASTM

BLOCO	NBR fcb (MPa)	ASTM fcb (MPa)	EUROCODE fcb (MPa)
1	3,646	2,2322	1,7211
2	3,248	1,6193	1,6509
3	1,8491	2,1854	2,3322
4	2,1766	1,1901	0,4421
5	3,1602	2,8409	2,5602
6	1,7287	2,069	2,2871
7	2,0965	2,052	1,2263
8	3,8959	2,0778	1,9275
9	3,8561	0,7357	1,6854
10	4,3578	3,0912	2,9608
11	3,9532	x	x
12	1,8895	x	x
13	1,5243	x	x
MÉDIA	3,16	2,23	2,31

Gráfico 1- Resultados dos ensaios de resistência a compressão, obedecendo as normas.



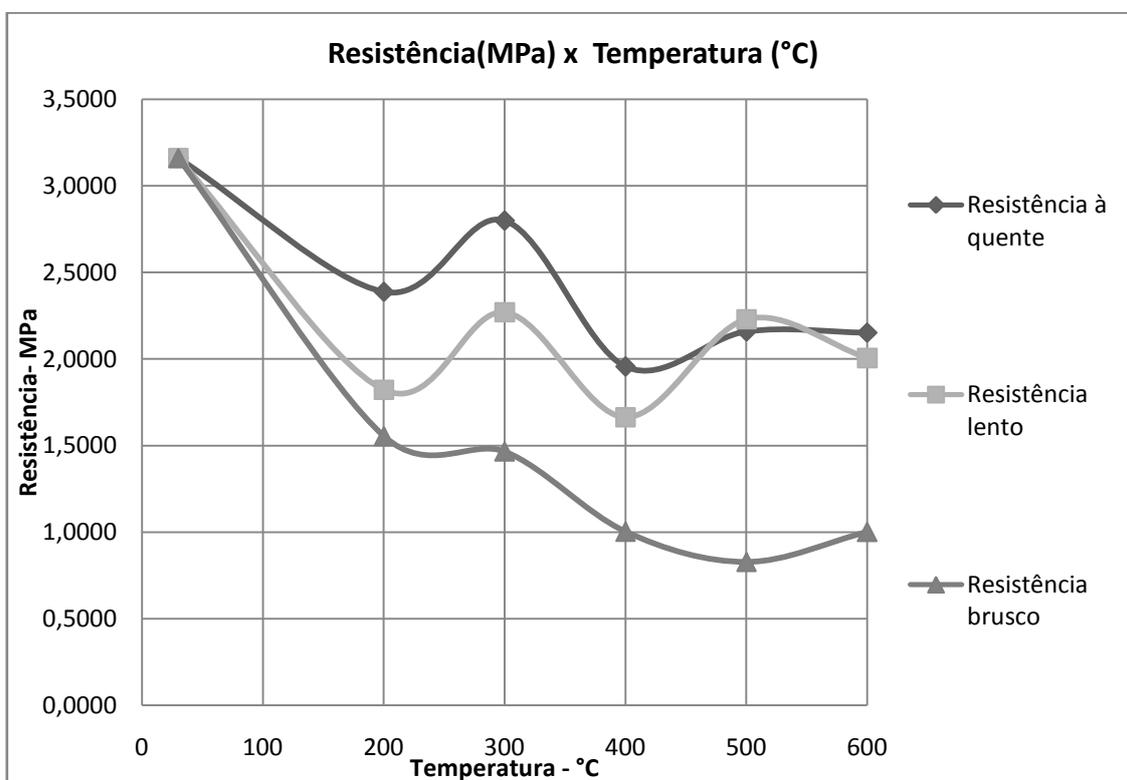
Verificou-se perante os resultados que os ensaios conforme a NBR 15270-3, apresentaram melhores resultados, quando comparados com a ASTM e EUROCODE, o que pode ser justificado, é o tratamento prévio dado nos blocos, antes dos ensaios. Diante dessas circunstancia, todos os ensaios seguiram o padrão conforme recomenda a NBR 15270-3.

4.1.1 Resultado de resistência a compressão

Foram ensaiados dez blocos cerâmicos, capeados, para cada temperatura, os quais foram ensaiados em três situações diferentes: ensaiados a quente, ensaiados lentamente (após aquecimento permaneceu, 24 horas em temperatura ambiente) e ensaiados bruscamente (após aquecimento permaneceu, 24 horas em água).

O gráfico 2, mostra o comportamento das resistências médias (dos 10 c.p's) para cada situação. Os resultados individuais de cada bloco em cada temperatura e para cada resfriamento encontra-se no apêndice A.

Gráfico 2- Resistência (MPa) x Temperatura (°C)- em blocos



Ao observar as curvas do gráfico 2, verifica-se que nos três resfriamentos, as curvas decrescem até os 200°C, o que segundo Petrucci (1980), explica-se pelo fato da argila perder toda água de absorção e zeolítica, até os 150°C. Nos 300°C, é a fase em que não há nem ganho nem liberação de calor, ou seja, a estrutura tem sua rede cristalina conservada e por isso há um acréscimo na resistência a compressão. Entre os 400°C e 600°C, há eliminação da água de constituição de sua rede cristalina, e com isso à modificação com o aumento da temperatura. O que se verifica nos ensaios quente e lento, um decréscimo na curva aos 400°C, pois é quando argila tem uma maior liberação de calor e conseqüentemente há perda de resistência. Entre 500°C e 600°C há ganhos de calor, o que justifica as resistências estarem semelhantes nessas duas temperaturas.

Diante dos resultados do gráfico 2, calculou-se o coeficiente K, para saber qual era o comportamento das resistências, quando comparado com os resultados dos ensaios da NBR. Diante disso, temos que:

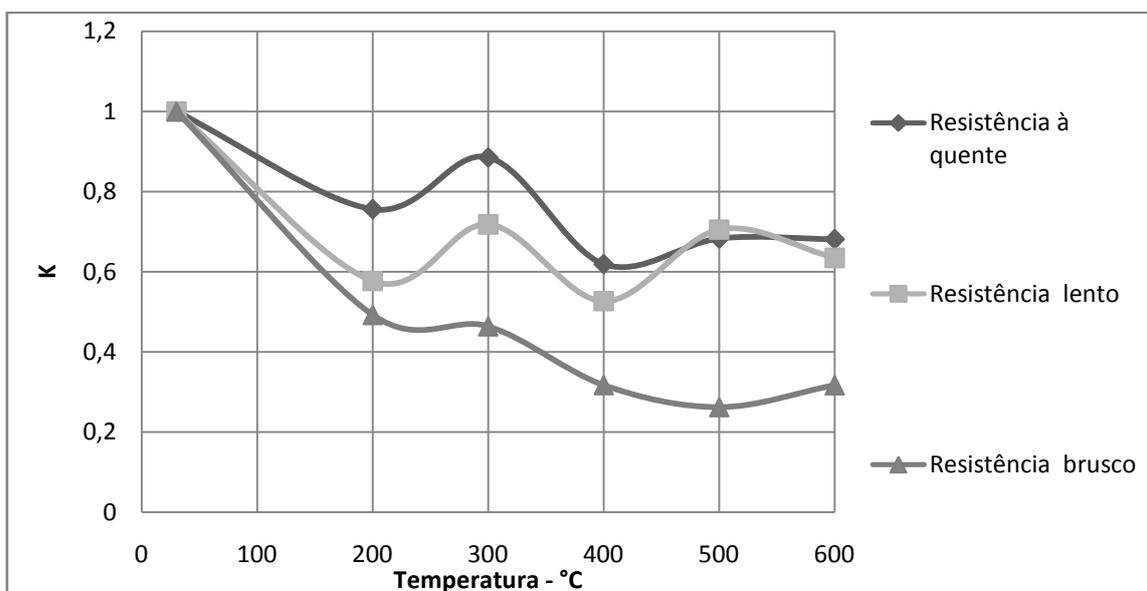
$$k = \frac{f_{c, \emptyset}}{f_c} \quad (3)$$

Onde,

$f_{c, \emptyset}$ = resistência média de cada situação em cada temperatura ensaiada.

f_c = resistência compressão média dos ensaios conforme NBR.

Gráfico 3- Relação resistência ensaiada ao longo das temperaturas por resistência inicial - em blocos.



Observa-se no gráfico 3, que em todas as situações, os resultados ao longo das temperaturas, tiveram k menor que um, ou seja, as resistências dos blocos diminuem quando sofrem aquecimento e resfriamento. As perdas de resistência variaram de 12%, nos ensaio quente á 300°C até 74%, nos ensaios bruscos á 500°C. Os resultados detalhados de cada ensaio encontram-se no apêndice A.

Foi observado também que os resultados de resistência a compressão dos ensaios de resfriamento lento e brusco, quando comparados com os resultados de ensaio á quente, na maioria das situações eram menores, diante disso, calculou-se o coeficiente z, para melhor análise dos resultados, como se pode ver no gráfico 4.

$$z = \frac{(f_{c, ^\circ C} - f_{c, \emptyset ^\circ C})}{(f_{c, ^\circ C})} * 100\% \quad (4)$$

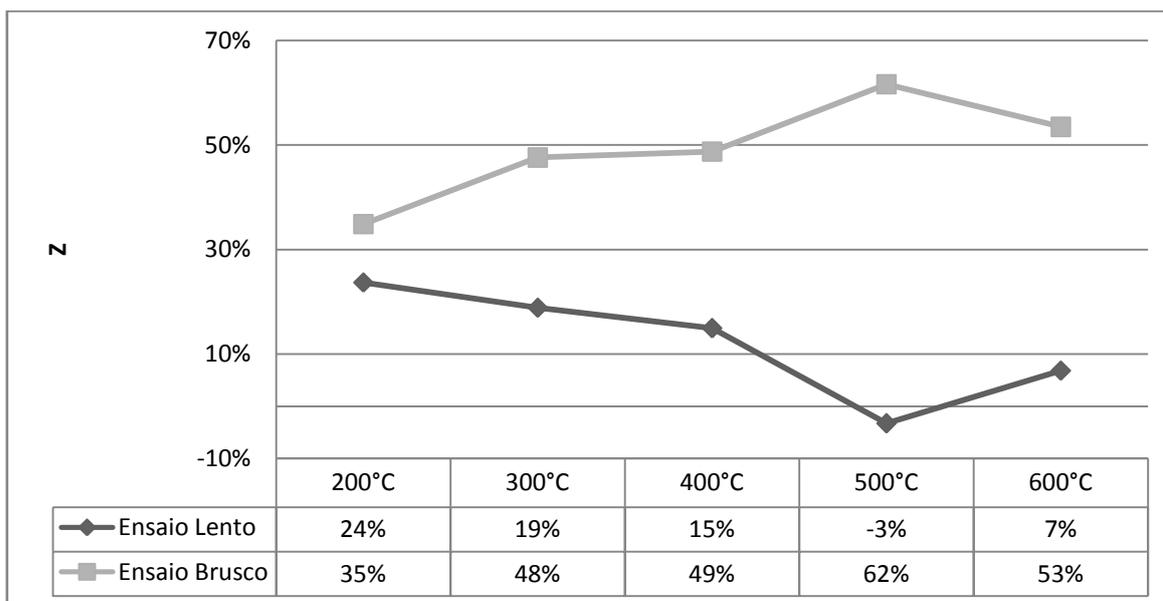
Onde,

$f_{c, \text{°C}}$ = resistência média a compressão á quente em uma dada temperatura .

$f_{c, \text{Ø°C}}$

= resistência média a compressão lento ou brusco em uma dada temperatura.

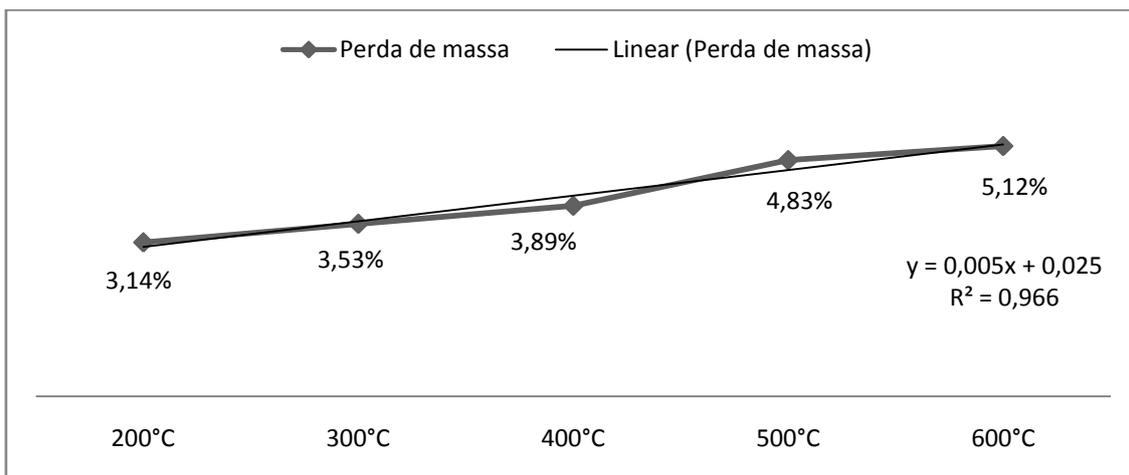
Gráfico 4- Coeficiente Z (%) x Temperatura (°C)



Como se observa no gráfico 4, a maioria dos resultados a compressão nos ensaios lentos e bruscos, deram menores que quente, com exceção do ensaio lento a 500°C, que teve seu valor 3% maior, o que se pode entender, que o tipo de resfriamento, influencia diretamente nas resistências a compressão dos blocos.

4.1.2 Resultado de perda e ganho de massa

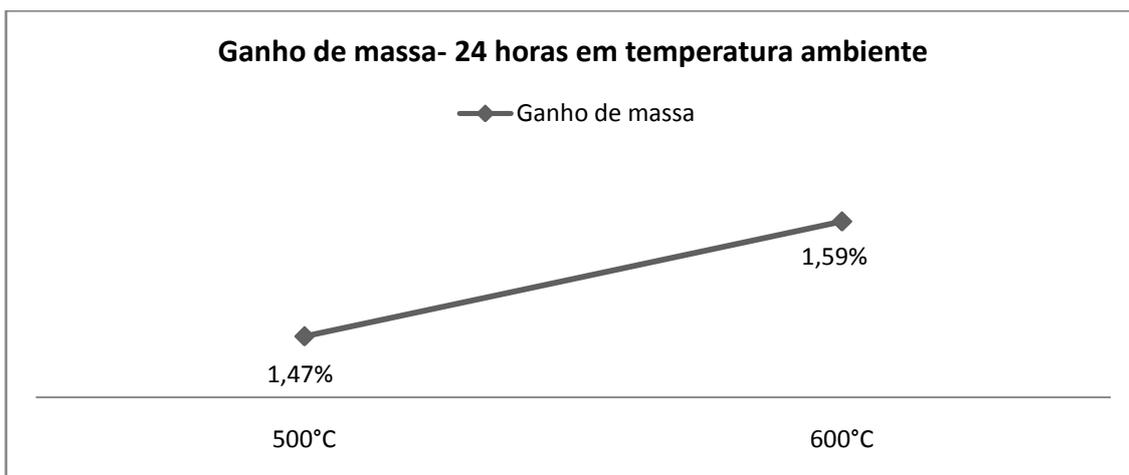
Durante os ensaios, foi registrada a massa inicial de cada bloco e a massa após os aquecimentos dos blocos, nos quais se observou uma perda de massa do corpo de prova, devido ao aquecimento, parâmetro importante de análise, para saber a influência da massa, diretamente nas resistências a compressão. Os valores do gráfico 5, são as médias percentuais de perda em cada temperatura ensaiada.

Gráfico 5- Perda de massa após o aquecimento

Como se observa no gráfico 5, os comportamentos de perda de massa ao longo das temperaturas, obedece a uma curva quase linear, do tipo $y(x) = 0,005x + 0,025$, onde $y(x)$ é o percentual de perda de massa e x é a temperatura de ensaio.

Assim como foi registrado a perda de massa após os aquecimentos, foi registrado também o ganho de massa quando os corpos de prova estavam submetidos à temperatura ambiente por 24 horas (ensaio com resfriamento lento) e quando estava submerso em água por 24 horas (ensaio com resfriamento brusco).

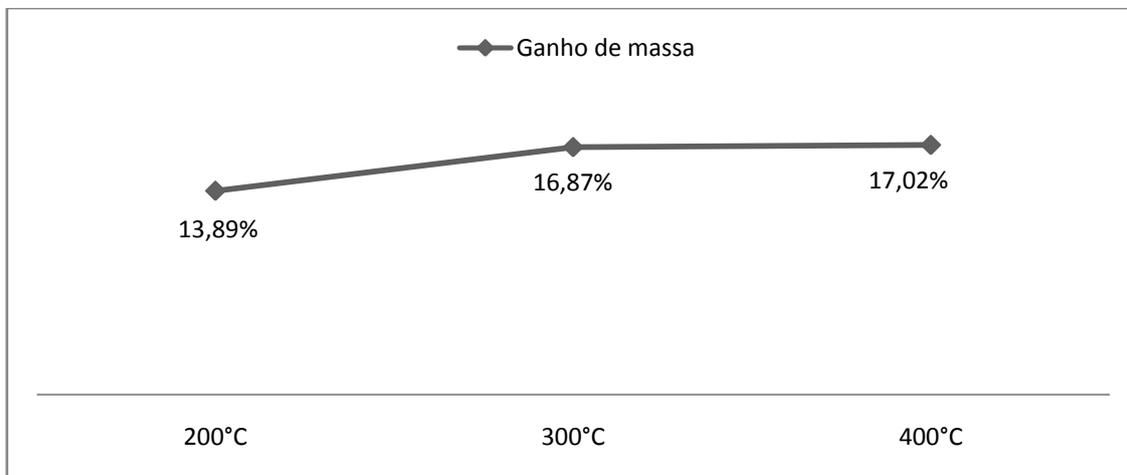
Nas medições de ganho de massa após 24 horas em temperatura ambiente, só foram medidos as massas dos corpos de prova nos ensaios de 500°C e 600°C, pois o equipamento de pesagem estava com defeito no dia dos outros ensaios.

Gráfico 6- Ganho de massa após 24h em temperatura ambiente

Nos ensaios de resfriamento brusco, só foram medidos o ganho de massa após 24 horas em água, nos ensaios de 200°C, 300°C e 400°C, nos de 500°C e 600°C, os

c.p's se desintegravam, perdendo praticamente todo seu capeamento, ou seja, sua massa medida seria irreal se comparado aos parâmetros de integridade inicial do corpo de prova.

Gráfico 7- Ganho de Massa após 24 horas submersas em água

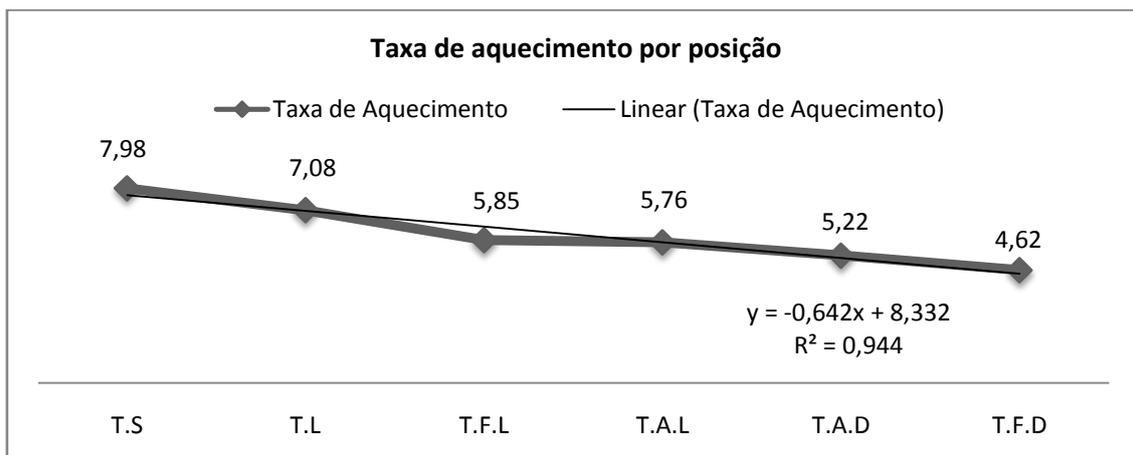


No gráfico 7, observa-se que o ganho de massa, quando os blocos estavam submersos em água, variou de 13,89% á 17,02%, nas temperaturas de 200°C até 400°C. Esse aumento de ganho percentual, com o aumento das temperaturas, se deve provavelmente ao fato de quanto maior a temperatura, maior é a desidratação dos blocos e com isso maior sua porosidade, o que permite que o número de vazios aumente e que quando os mesmos são submersos em água, tenha um ganho maior de massa.

4.1.3 Taxa de aquecimento dos termopares.

Os termopares foram distribuídos em 6 (seis) locais distintos dentro do forno para medição das leituras da temperatura desejada no ensaio. Durante os ensaios foi perceptível que em alguns termopares, as temperaturas desejadas chegavam primeiro em uns do que em outros locais. Diante das leituras dos termopares, feita pelo software Speder 8, montou-se os gráficos (temperatura x tempo), de cada posição de termopar e em cada situação ensaiada. Após isso, mediram-se as linhas de tendências e com os coeficientes lineares, tirou-se a média das taxas de aquecimento (°C/min), para cada posição de termopar. Os gráficos, com as respectivas linhas de tendência, encontram-se no apêndice C.

Gráfico 8-Taxa de aquecimento por posição de Termopar



Legenda:

T.S	<i>Termopar Superior</i>
T.L	<i>Termopar Livre (na posição de baixo)</i>
T.F.L	<i>Termopar na Frente na parede de fora</i>
T.A.L	<i>Termopar atrás na parede de fora</i>
T.A.D	<i>Termopar na Frente na parede de dentro</i>
T.F.D	<i>Termopar atrás na parede de dentro</i>

Diante do gráfico 8, observa-se que há uma variação das taxas de aquecimento, devido à posição dos termopares dentro do forno e que essa variação apresenta um comportamento quase linear. O que já era de se esperar, o termopar superior (T.S), foi o que mais se aproximou da taxa de aquecimento, configurado no forno e o termopar que estava atrás e dentro dos c.p's (T.F.D), foi o que apresentou uma taxa menor, o que também já era de esperar. Essa diferença de taxa implica que em um mesmo aquecimento, os c.p's tem variação de taxa de aquecimento de 58%.

4.2 ENSAIOS EM PRISMA

4.2.1 Resistência a compressão

Os prismas foram ensaiados após os 28 dias conforme a norma NBR 15961-2 que embora seja para blocos de concreto, foi utilizada como referencia dos ensaios dos prismas. Diferente dos blocos, os prismas foram ensaiados em 4 (quatro) corpos de prova por temperatura e por tipo de resfriamento. Assim como nos blocos, inicialmente foram feitos os ensaios dos prismas conforme a norma brasileira e posteriormente os ensaios dos prismas aquecidos. Para aceitação do lote, a NBR 15961-2, recomenda as etapas:

1º) Ensaaios de 12 blocos (número mínimo de c.p, recomendado pela norma)

BLOCO	fc _p (MPa)
1	0,347
2	0,646
3	0,431
4	0,927
5	0,930
6	0,593
7	0,361
8	0,419
9	1,080
10	1,430
11	0,649
12	0,898

2º) Os corpos de prova são colocados em ordem crescente.

Resistência dos C.P	Ordem Crescente
fe1	0,347
fe2	0,361
fe3	0,419
fe4	0,431
fe5	0,593
fe6	0,646
fe7	0,649
fe8	0,898
fe9	0,927
fe10	0,930
fe11	1,080
fe12	1,430

3º) Calcular os seguintes parâmetros:

- n = numero de amostras
- $i = \frac{n}{2}$, se n for par ou $i = \frac{(n-1)}{2}$, se n for impar
- fem = resistência média dos corpos de prova ensaiados

- $f_{ek1} = 2 * \left[\frac{(\sum_{i=1}^{n=i-1} f_{ei})}{i-1} \right] - f_{ei}$; onde f_{ei} = resistência do corpo de prova na posição i na ordem crescente.
- $f_{ek2} = f_{ei} * \emptyset$; onde \emptyset é tabelado.
- $f_{ek3} \geq (f_{ek1}; f_{ek2})$
- $f_{ek4} = 0,85 * f_{em}$
- $f_{ek} \leq (f_{ek3}; f_{ek4})$
- $f_{ck} = 0,5 * f_{ek}$ onde f_{ck} = resistência de projeto. (Como não se tem, admite-se essa condição, pois é uma das condicionantes para aprovação)
- $f_{ckb} = 1,5 \text{ MPa}$ onde f_{ckb} = resistência a compressão dos blocos.

Calculando:

$$n=12 \quad i=6$$

$$f_{em} = 0,7260 \text{ MPa}$$

$$\emptyset = 0,98$$

$$F_{ek1} = 2,0545 \text{ MPa} ;$$

$$F_{ek2} = 0,3405 \text{ MPa};$$

$$F_{ek3} = 2,0545 \text{ MPa};$$

$$F_{ek4} = 0,6171 \text{ MPa};$$

Então:

$$F_{ek} = 0,6171 \text{ MPa};$$

$$F_{ck} = 0,3086 \text{ MPa};$$

$$F_{ckb} = 1,5 \text{ MPa}$$

Como:

$$F_{ck} \leq 0,35 * F_{ckb}$$

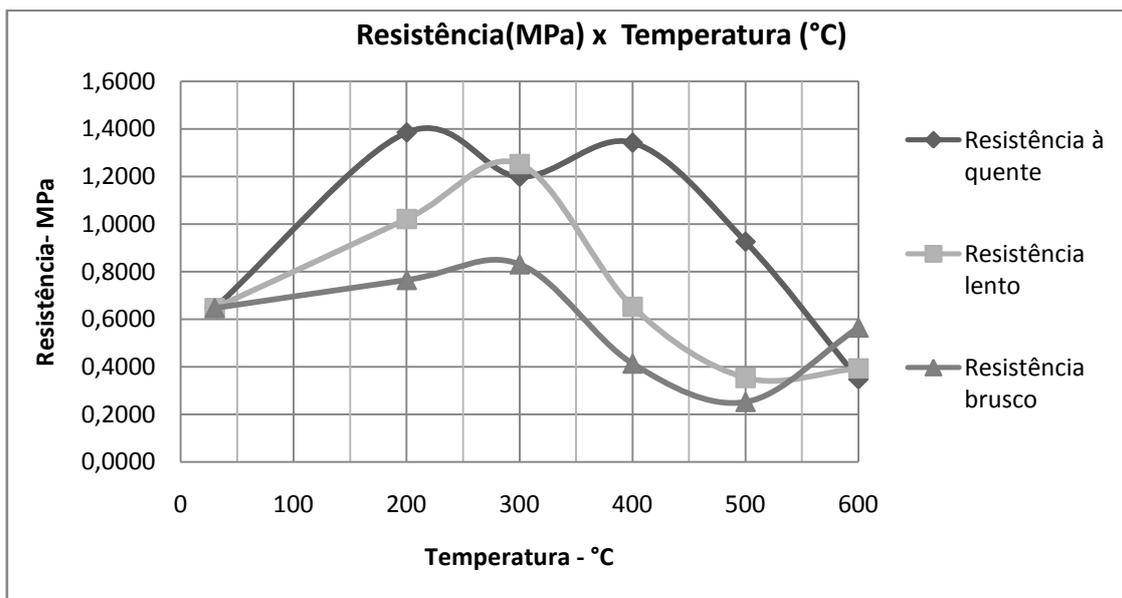
Logo: Lote Aprovado.

Após esses cálculos de verificação, todos os resultados detalhados de cada ensaio, encontra-se no apêndice B. Na tabela 25, temos as médias de cada ensaio conforme a temperatura e resfriamento e o esboço do gráfico, para avaliar o comportamento das curvas em cada situação de resfriamento ao longo das temperaturas.

Tabela 22- Resultados de compressão em prismas submetido a elevadas temperaturas

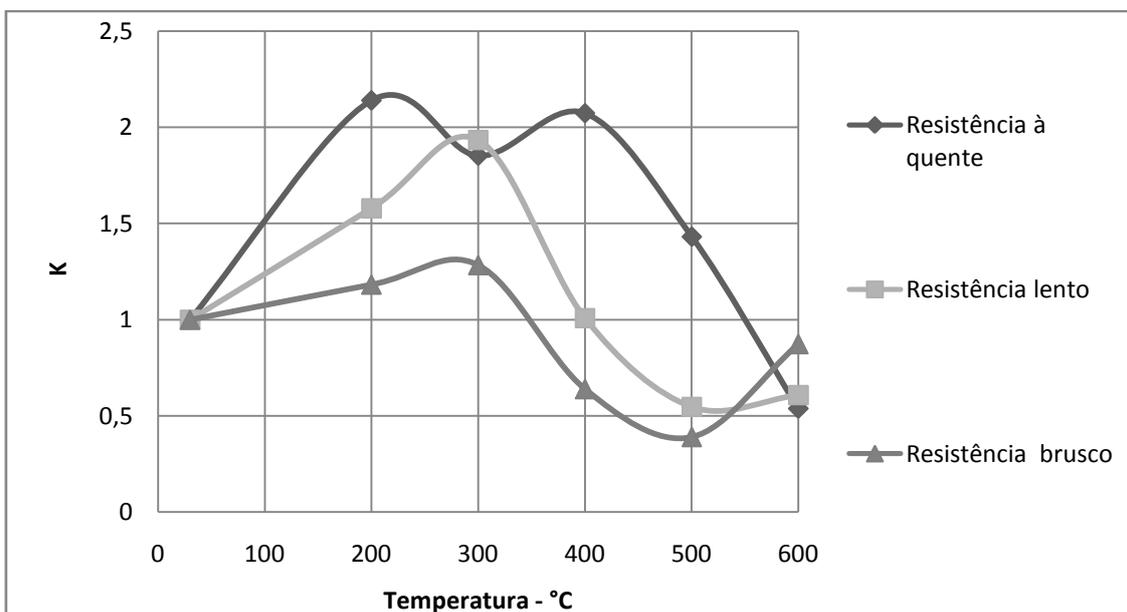
	30°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Quente	0,65	1,38	1,20	1,18	0,93	0,35
Lento	0,65	1,24	1,25	0,65	0,33	0,43
Brusco	0,65	0,94	0,81	0,34	0,33	0,70

Gráfico 9- Resistência a Compressão dos Prismas x Temperatura



Assim como, nos blocos, foi calculada a razão entre a média das resistências em cada temperatura e situação resfriamento pela média das resistências conforme a norma (temperatura ambiente) denomina-se a razão de fator K.

Gráfico 10- Relação resistência ensaiada ao longo das temperaturas por resistência inicial - em prismas



No gráfico10, temos algumas considerações:

- Em ambos os ensaios, as resistências sofrem um aumento se comparado com a norma, nas temperaturas de 200 °C e 300 °C.
- Após 300° C em todos os ensaios as resistências sofrem uma queda até os 500 °C para os casos de lento e brusco.
- No resfriamento brusco chama-se a atenção um leve crescimento na resistência aos 600°C.

4.3 ENSAIO EM ARGAMASSA

As argamassas ensaiadas foram as de assentamento, por não existir uma norma específica para altas temperaturas foi utilizada a norma NBR 13279/2005, com mesmos métodos de ensaio dos blocos. Assim como nos blocos, calculou-se a perda e ganho de massa das argamassas, a resistência à compressão e resistência à flexão das mesmas, em temperatura ambiente e em altas temperaturas.

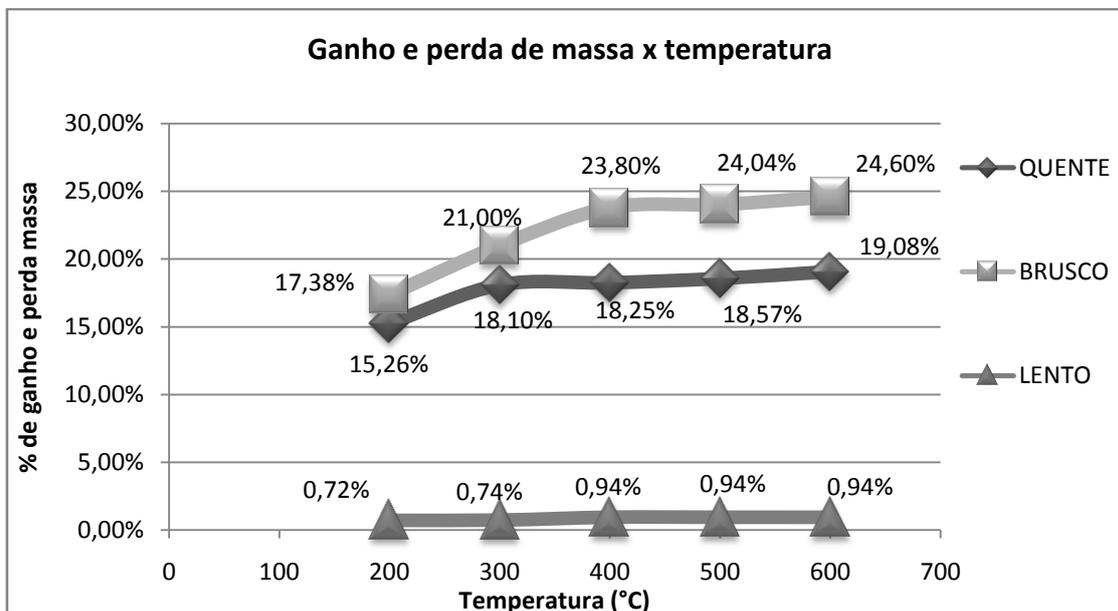
4.3.1 Resultado de perda e ganho de massa

Assim como nos blocos é de suma importância avaliar os ganhos e perdas de massa dos corpos de provas de argamassa, para ver a influência e correlação com as resistências as compressões. Então os corpos de prova eram pesados antes, dos ensaios, após os aquecimentos e depois de passar 24 horas em temperatura ambiente ou em água a depender do ensaio. Diante das medidas e avaliações, observou o seguinte comportamento.

Tabela 23- Ganho e perda (%) de massa dos ensaios de argamassa

	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	SITUAÇÃO
QUENTE	15,26%	18,10%	18,25%	18,57%	19,08%	Perda
BRUSCO	17,38%	21,00%	23,80%	24,04%	24,60%	Ganho
LENTO	0,72%	0,74%	0,94%	0,94%	0,94%	Ganho

Gráfico 11- Ganho e perda de massa nas argamassas x Temperatura



Observa-se no gráfico 11, um crescimento nas curvas quente e brusco ao longo das temperaturas, tendo em média um ganho de massa de 22,16% para os ensaios bruscos e uma média de perda de massa de 17,85% para os ensaios a quente. O que faz com que esse ganho e perda, influenciem diretamente na resistência a compressão das argamassas. Outro ponto que chama atenção é de um leve ganho de massa nos ensaios lento, tendo em média um ganho de apenas 0,86%.

4.3.2 Resistência a compressão e flexão

Os ensaios de compressão e flexão, foram feitos conforme norma NBR 13279/2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto-determinação de resistência a tração e a flexão). Após 28 dias da confecção dos corpos de prova (4,0x4,0x16,0cm), os mesmos guardados em água, foram ensaiados nas mesmas temperaturas e resfriamentos que os blocos. Aos 7 (sete) dias foram ensaiados 3 (três) corpos de prova em temperatura ambiente á flexão (tabela 24) e 6 (seis) á compressão (tabela 25)

Tabela 24- Resultados de ensaios a flexão em argamassa aos 7 dias

Leitura Flexão (ton)	Flexão (MPa)	Desvio	Situação
0,06	1,41	0,00	APROVADO
0,05	1,17	-0,23	APROVADO
0,08	1,88	0,47	ELIMINADO
1ª Média	1,41	MPa	
2ª Média	1,29	MPa	

Tabela 25- Resultados de ensaio a compressão em argamassa aos 7 dias

Leitura Compressão (ton)	Compressão (Mpa)	Desvio	Situação
0,43	2,67	-0,09	APROVADO
0,56	3,5	0,72	ELIMINADO
0,52	3,25	0,47	APROVADO
0,46	2,88	0,09	APROVADO
0,43	2,67	-0,09	APROVADO
0,37	2,31	-0,47	APROVADO
1ª Média	2,78	Mpa	
2ª Média	2,67	Mpa	

Aos 7 (sete) dias, a argamassa obteve 1,29 MPa de flexão e 2,67 MPa de compressão. Os ensaios são feitos no equipamento: Solo Teste. Os quais são extraídos os valores em toneladas e calculados as respectivas resistências em MPa. Na tabela 33, nota-se que alguns dos valores são desconsiderados do resultado final, isso porque a norma condiciona critérios para avaliação dos resultados, são eles:

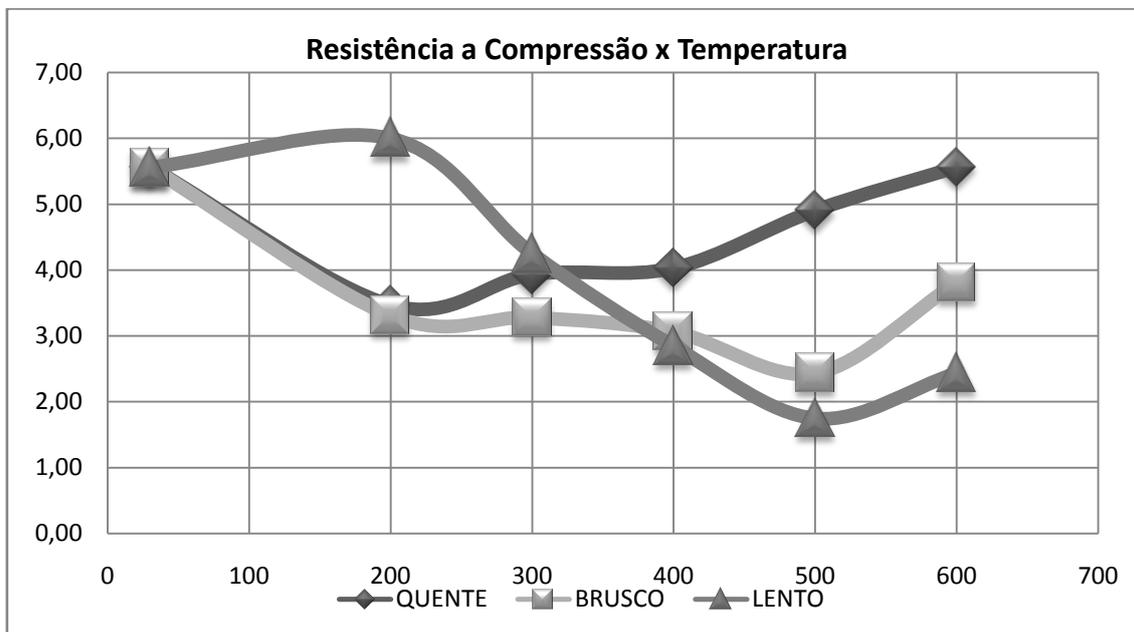
- i) Calculam-se as médias (chamada de 1ª média) dos resultados tanto na flexão quanto na compressão.
- ii) Calcula-se em módulo os desvios, que é: $d = f_{ckm} - f_{cki}$, onde f_{ckm} , já foi calculado no item i e f_{cki} é a resistência obtida em cada corpo de prova.
- iii) Se $d > 0,3$ para flexão = elimina o resultado corpo de prova.
- iv) Se $d > 0,5$ para compressão = elimina o resultado corpo de prova.
- v) Se após os valores eliminados, tiverem ao menos 2 resultados para flexão e 4 para compressão, então:
- vi) Calculam-se as novas médias e admite-se elas como o valor da idade ensaiada.

Com essa mesma metodologia, foram ensaiados os corpos de prova há 28 dias e a elevadas temperaturas, admitindo-se 14 corpos de prova para 28 dias e 3 corpos de prova para cada temperatura e em cada resfriamento. Todos os valores encontrados e os detalhes de aceitação ou rejeição dos corpos de prova para flexão e compressão encontram-se no apêndice D. Na tabela 26, os valores médios obtidos e o gráfico 11, de resistência a compressão x temperatura.

Tabela 26- Resultados de resistência média a compressão média das argamassas (MPa)

Temperatura	30°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
QUENTE	5,56	3,47	3,94	4,03	4,91	5,56
BRUSCO	5,56	3,31	3,28	3,06	2,44	3,81
LENTO	5,56	6,00	4,25	2,84	1,75	2,44

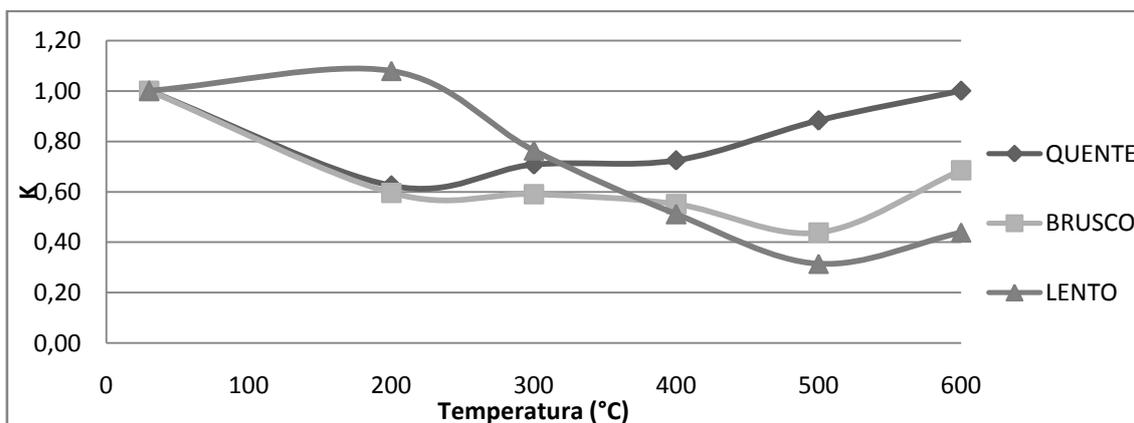
Gráfico 12- Resistência média à compressão das argamassas em elevadas temperaturas



Observava-se no gráfico12, o comportamento das resistências médias a compressão em cada situação ensaiada. Dois pontos importantes devem ser destacados: O primeiro é a queda de resistência no ensaio lento quando a temperatura vária de 200°C para 500°C. E o segundo ponto, é no ensaio quente, quando a resistência cresce quando a temperatura vária de 200°C até 600°C.

Assim como nos blocos e prismas, foi calculado o coeficiente k, que relaciona à resistência a compressão do ensaio, pela resistência a compressão em temperatura ambiente. No gráfico 13, temos o gráfico de K x temperatura (°C).

Gráfico 13- K x temperatura (°C)



Observa-se no gráfico13, que apenas a resistência a 200°C, no ensaio lento, obteve k maior que 1, ou seja, a resistência foi 8% maior que a da temperatura ambiente. Outro ponto a se destacar é de que o k foi igual a 1, no ensaio quente a 600°C

e no restante dos ensaios o k foi menor que 1, chegando à 0,69 no ensaio lento há 500°C.

4.4 ENSAIOS DE ALVENARIA

Os ensaios de alvenaria se iniciaram com a confecção das 6 (seis) mini-paredes (1,50x1,50m), sendo duas para cada situação (dois lados rebocado, um lado rebocado e sem reboco em nenhum dos lados). A montagem e confecção das paredes durou 3 dias e teve os ensaios iniciados 28 dias depois. Os ensaios seguiram a seguinte seqüência: a primeira bateria de ensaio iniciou-se com a primeira parede rebocada nos dois lados, depois a parede rebocada em um lado e por fim a parede sem reboco. Após isso, foi iniciada a segunda bateria de ensaios, que eram as segundas paredes para cada tipo.

4.4.1 Análise do tempo de resistência ao fogo

Nos ensaios, queria-se avaliar o comportamento das paredes em elevadas temperatura, verificar a influência de 1,0 (um) cm de reboco, observar o tempo de aquecimento e as taxas de aquecimento nas faces oposta ao forno.

Os resultados apresentados referem-se:

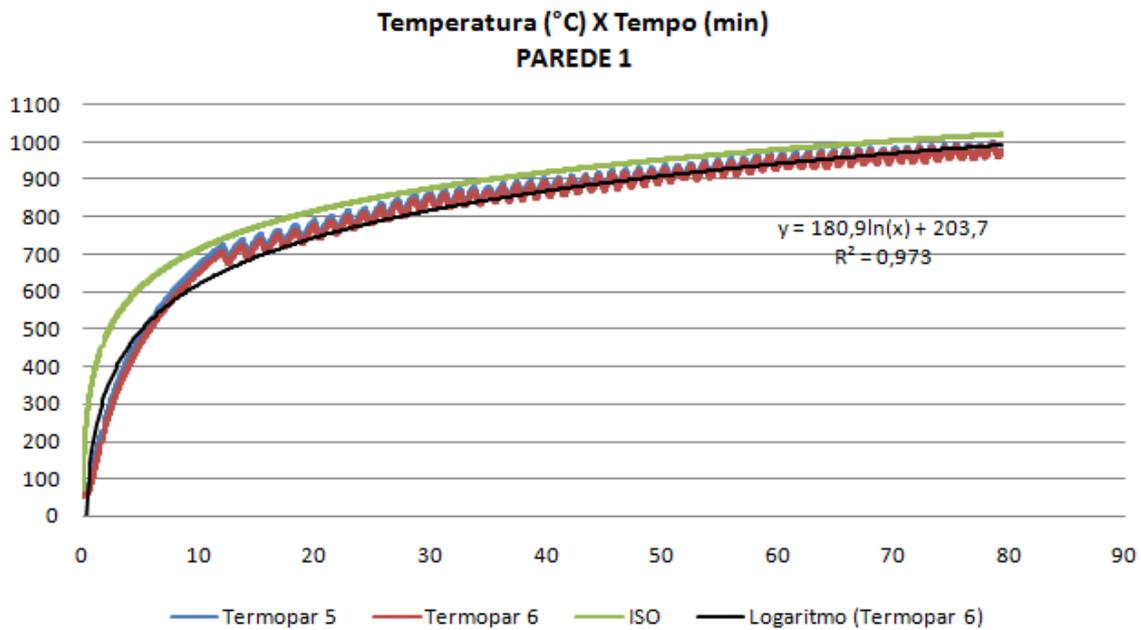
- I. Leituras dos termopares internos (dentro do forno), que serviram para avaliar se a taxa de aquecimento estava seguindo a curva da ISO (curva padrão temperatura x tempo, recomendada pela NBR 5628), conforme havia sido programada no forno.
- II. As leituras dos termopares externos, para avaliar a taxa de aquecimento da face exposta ao fogo.
- III. Avaliar a duração que as paredes resistentes ao fogo, obedecendo ao critério de parada da norma NBR 5628 (Componentes construtivos estruturais-determinação da resistência ao fogo).
- IV. Analisar as fissuras causadas pelo fogo.

Para as leituras dos termopares internos de cada parede foram utilizados 3 (três) termopares, os quais eram distribuídos na parte interna do forno. Os termopares utilizados apresentavam a seguinte nomenclatura: termopar 5,6,7.

Tabela 27- Legenda da numeração e tipos de paredes ensaiadas

Legenda	Tipo
Paredes 1 & 4	Parede com reboco nas duas faces
Paredes 2 & 5	Parede com reboco em uma face
Paredes 3 & 6	Parede sem reboco em nenhuma face

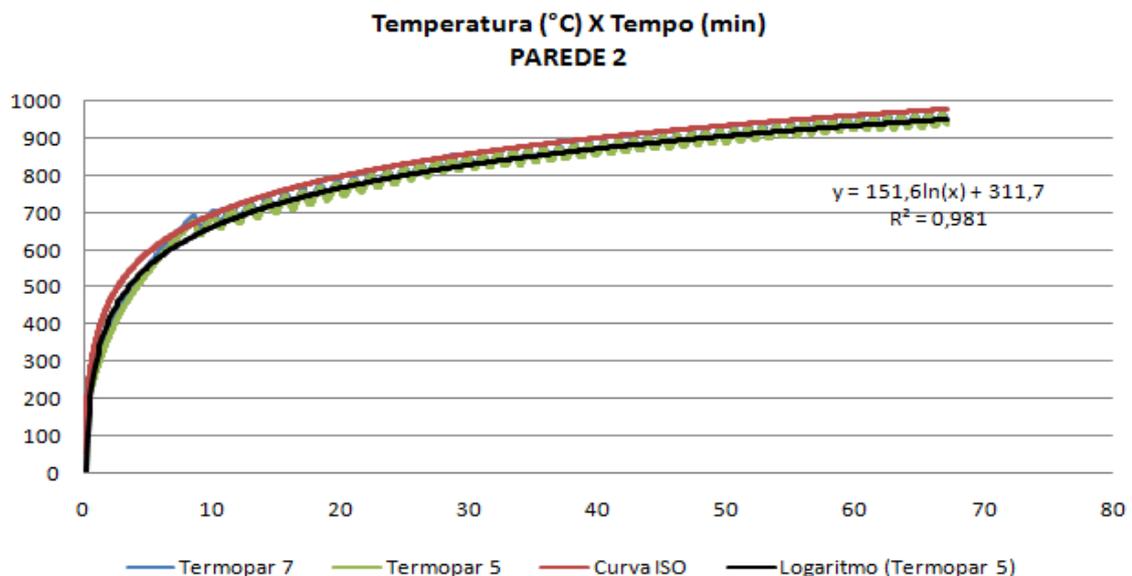
Gráfico 14- Leitura das temperaturas dentro do forno da parede 1.



Obs:

- 1- A maior diferença a partir dos 10 minutos, entre a curvada ISO e a curva de tendência ($y = 180\ln(x) + 203,7$), foi de 92,99 °C (uma diferença de 13%) e a menor foi de 27,06 °C (uma diferença de 3%).

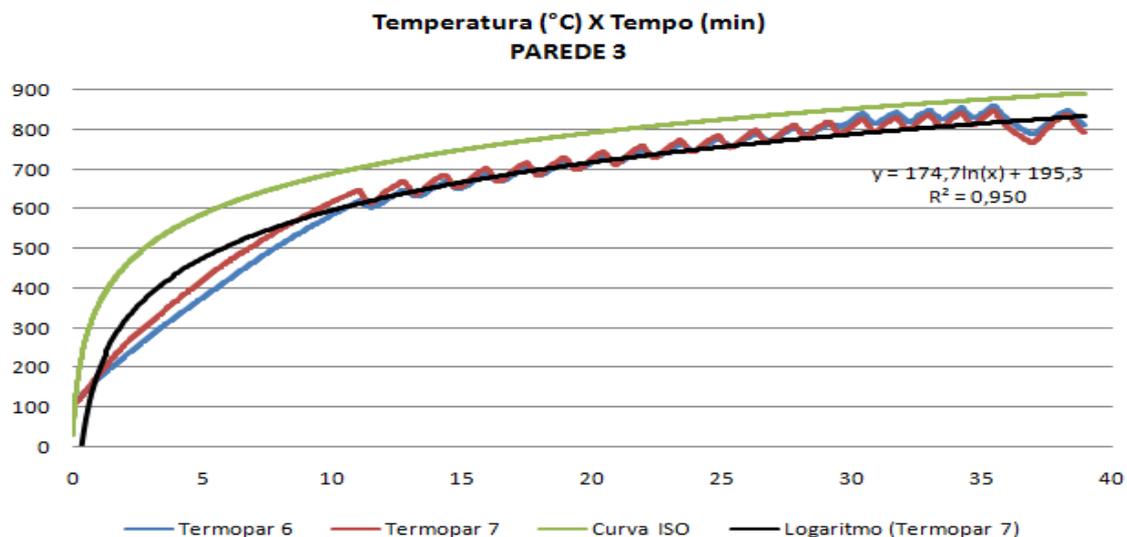
Gráfico 15- Leitura das temperaturas dentro do forno da parede 2.



Obs:

- 1- A maior diferença a partir dos 10 minutos, entre a curvada ISO e a curva de tendência ($y = 151,6\ln(x) + 311,7$), foi de 34,47 °C (uma diferença de 5%) e a menor foi de 29,52 °C (uma diferença de 3%).

Gráfico 16- Leitura das temperaturas dentro do forno da parede 3.



Obs:

- 1- Nas leituras dos termopares, foram eliminados as leituras dos 1,5 minutos iniciais, pois as temperaturas permaneciam praticamente constantes, não fazendo sentido para o aquecimento real da programação.
- 2- Entre 25 e 45 minutos, a leitura do único termopar apresentou um defeito de leitura, formando uma anomalia no gráfico.
- 3- A maior diferença a partir dos 10 minutos, entre a curvada ISO e a curva de tendência ($y = 174,7 \cdot \ln(x) + 195,3$), foi de 91,85 °C (uma diferença de 14%) e a menor foi de 56,67 °C (uma diferença de 7%).

Gráfico 17- Leitura das temperaturas dentro do forno da parede 4.

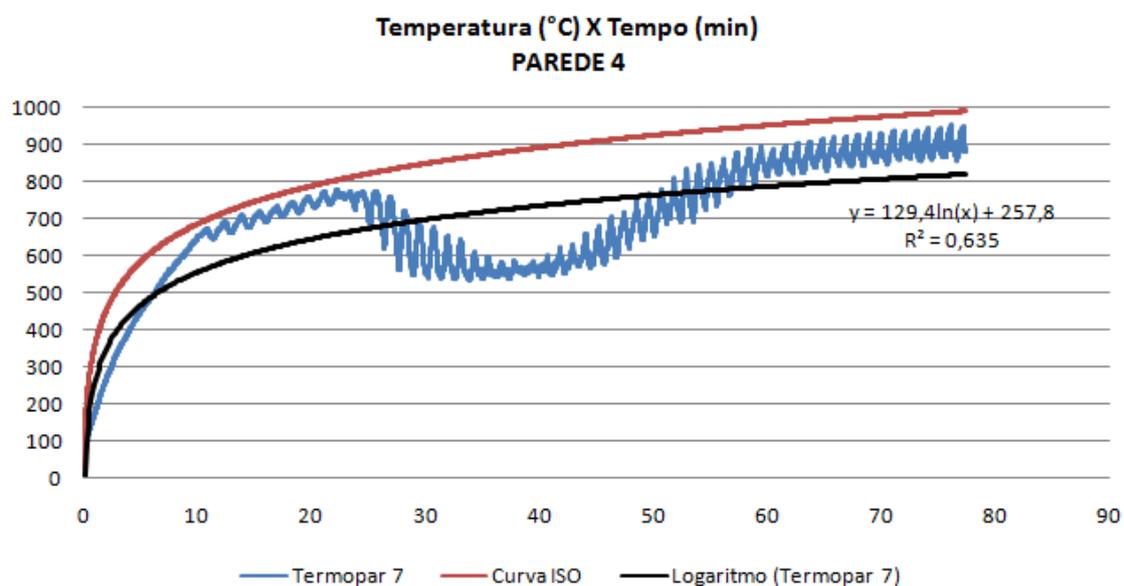
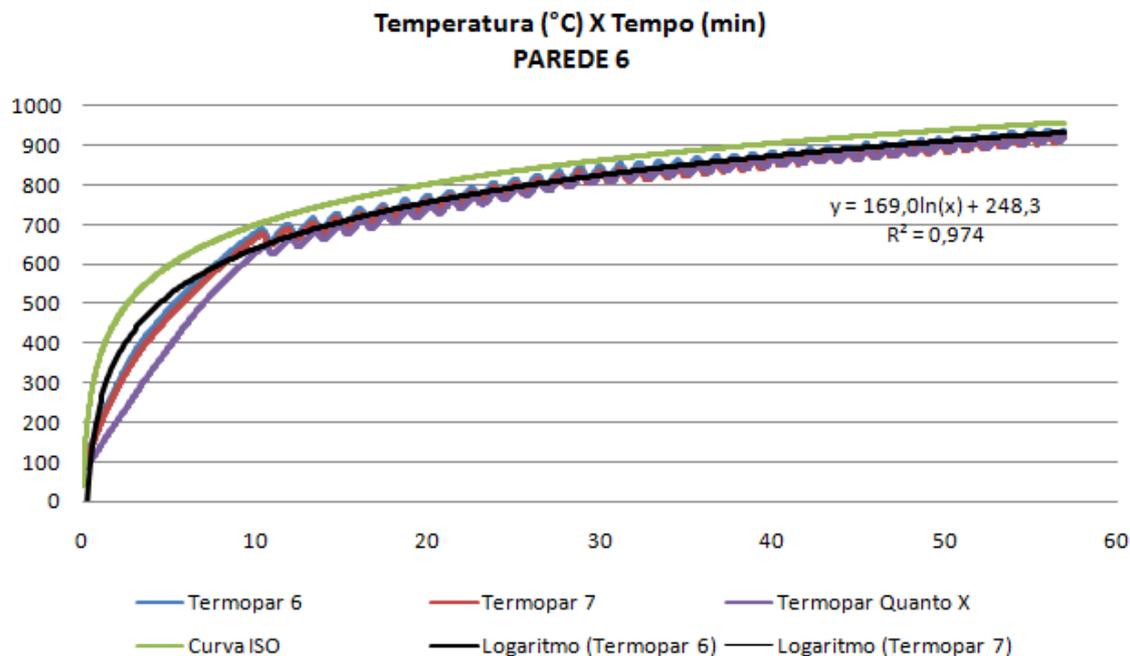


Gráfico 19- Leitura das temperaturas dentro do forno da parede 6.

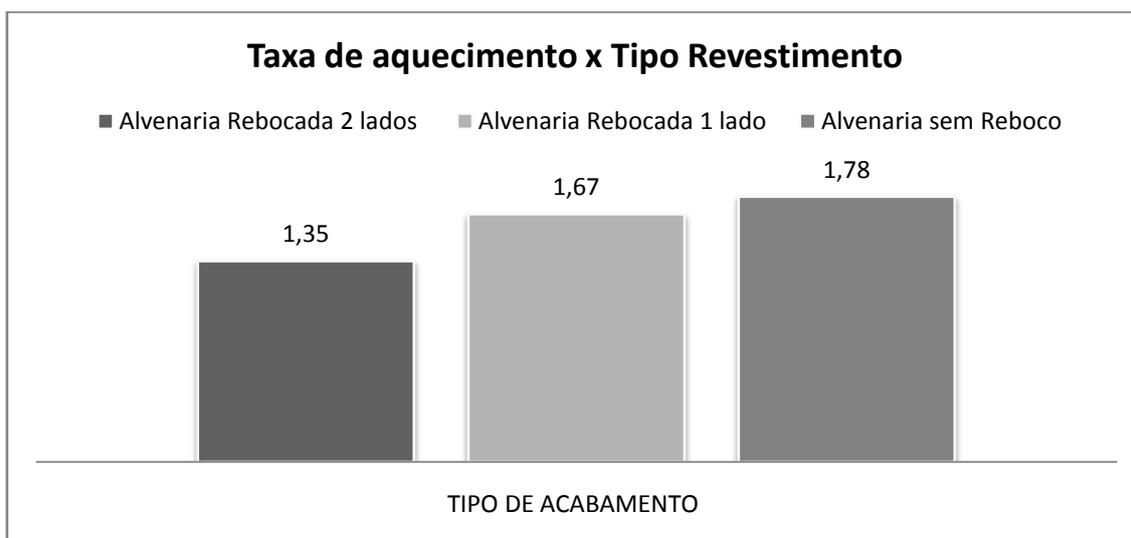


Obs:

1. Nas leituras dos termopares, foram eliminados as leituras dos 1,7 minutos iniciais, pois as temperaturas permaneciam praticamente constantes, não fazendo sentido para o aquecimento real da programação.
2. Nessa parede foi acrescentada mais um termopar do quanto-x.
3. A maior diferença a partir dos 10 minutos, entre a curvada ISO e a curva de tendência ($y = 169 \cdot \ln(x) + 248,3$), foi de 61,54°C (uma diferença de 9%) e a menor foi de 26,68 °C (uma diferença de 3%).

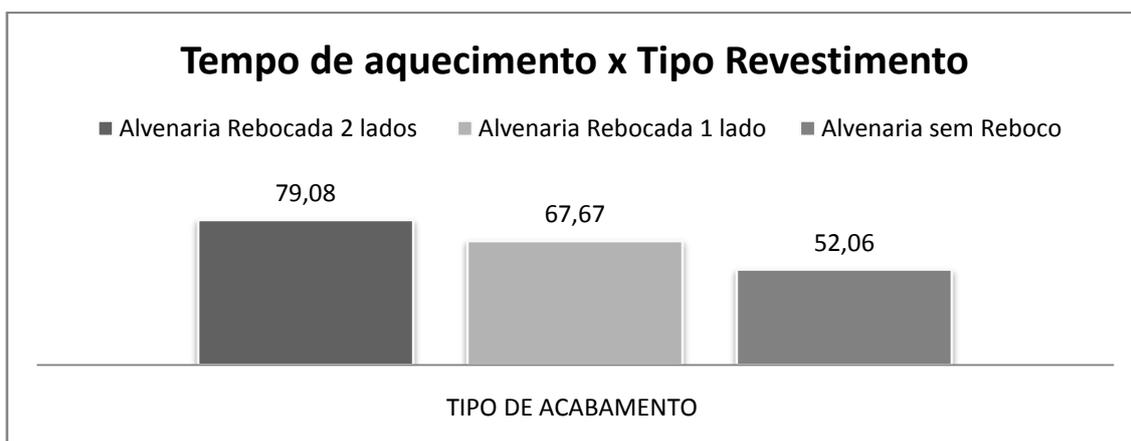
Verifica-se nos gráficos (15,16,17,18,19), que em todos os ensaios, as curvas de aquecimento dos termopares ficaram abaixo e muito próximo da curva padrão da ISO. Além disso, foram calculadas as curvas de tendência para cada ensaio com suas respectivas fórmula.

Além das leituras internas, foram analisadas as leituras externas para que pudesse atender o critério de parada aconselhado pela NBR 5628. Das seis paredes apenas a parede três, teve seu ensaio finalizado devido à inflamação do chumaço de algodão, as outras paredes, todas foram finalizadas quando a média dos termopares atingiu 140°C. Na face oposta ao fogo, foram sempre utilizados cinco termopares divididos igualmente na face das paredes. Diante das leituras dos termopares foram calculadas as taxas de aquecimento e medido o tempo final de resistência das paredes.

Gráfico 20- Taxa de Aquecimento x Tipo de revestimento

No gráfico 20, as taxas de aquecimento por tipo de acabamento, obtidas nos ensaios. Como era de se esperar, as paredes com reboco nas duas faces, tiveram a menor taxa, pois a espessura da parede era maior e com isso a transferência de calor era mais lenta. Ao contrário das paredes rebocadas nas duas faces, as paredes sem reboco tiveram maiores taxas, conseqüentemente por terem menos espessura.

Além das taxas de aquecimento, foram analisados e medidos, os tempos de resistência ao fogo, em cada parede. Com isso, no gráfico 21 tem-se o gráfico tempo x tipo de acabamento, obtido nos ensaios.

Gráfico 21- Tempo de Aquecimento x Tipo de Revestimento

Como era de se esperar, as paredes com revestimentos nos dois lados, apresentaram tempo de resistência maior, até porque, tiveram taxas de aquecimento menor. Enquanto que as paredes sem revestimento obtiveram tempo menor, pois suas taxas de aquecimento foram maiores. Encontra-se no apêndice E, mais detalhes sobre os ensaios de paredes.

5 CONCLUSÕES DECORRENTES NOS ENSAIOS

Analisando os resultados das alvenarias de vedação em elevadas temperaturas, construídas com blocos cerâmicos, verificou-se o comportamento de sua resistência através dos ensaios de blocos e prismas, avaliou-se o comportamento quanto ao isolamento térmico das pequenas paredes e por fim a análise do comportamento das argamassas industrializadas em elevadas temperaturas.

Conclusões gerais sobre os ensaios:

1. Ensaio de Blocos em elevadas temperaturas

- Resistência a compressão:

Com relação à resistência a compressão dos blocos, verificou-se uma maneira geral, que em todos os casos, suas resistências são menores que as de temperatura ambiente. Verificou-se que os comportamentos das curvas de ensaios lentos e quente se assemelham, embora os ensaios lentos tenham valores menores que os quentes. Diferentemente, dos ensaios quentes e lentos, os resultados dos ensaios bruscos, foram sempre decrescentes ao longo das temperaturas. Podem-se citar alguns pontos mais específicos sobre o comportamento das curvas:

- Nos ensaios a quente, apenas na temperatura de 500°C, o resultado da resistência não foi superior ao ensaio de resfriamento lento, mas em todas as outras temperaturas, os resultados de ensaio a quente se mantiveram superiores ao resfriamento lento e brusco.
- Em todas as temperaturas e tipo resfriamento, os valores das resistências foram menores que o da temperatura ambiente (T.A), chegando a ter uma diferença máxima de 74% no ensaio a 500°C com resfriamento brusco e uma diferença mínima de 12% ensaiado á quente em 300°C
- Em todas as temperaturas, os resultados dos ensaios com resfriamento brusco sempre foram os menores se comprado ao lento e á quente.
- Em 300°C, tanto o ensaio a quente quanto o lento sofreram um aumento de resistência quando comparado com a temperatura anterior de 200°C.
- Em caso de um incêndio, os blocos automaticamente perdem resistência, entretanto, em caso dos mesmos sofrerem um resfriamento brusco, eles podem chegar a perder até 62%, da resistência inicial (que o mesmo apresentava quando estava aquecido), quando o aquecimento é de 500°C.

- Similar ao fato anterior, o mesmo pode ser observado que em caso de um resfriamento lento, os blocos têm uma perda de até 24% quando submetidos a 200°C.
- Em uma análise geral em todas as temperaturas é prioritário em nível de resistência dos blocos, serem mantido o resfriamento lento (quando possível), pois danifica menos as resistências dos blocos.
- A curva do ensaio brusco, se aproximou de uma linha de tendência polinomial, do tipo: $y(x) = 1 \cdot 10^{-5} x^2 - 0,01x + 3,402$.
- Conclui-se que os ensaios de resistência a compressão, obedecendo a norma ASTM 67-14, obteve um valor médio de 29,43% menor que a NBR 15270-3 e a EUROCODE 772-1, obteve o valor médio de 26,89% menor que a NBR 15270-3.

- Ganho e perda de massa:

- Nos ensaios de resfriamento lento e brusco, após os aquecimentos a perda de massa em função da temperatura, tem um comportamento quase linear, obedecendo a curva: $y(x) = 5 \cdot 10^{-5} x + 0,02$, onde $y(x)$ é perda de massa e x é a temperatura.
- Nos ensaios, obteve-se uma perda de massa mínima de 3,14% em ensaios a 200°C e teve-se uma perda máxima de 5,12% em 600°C.
- Nos ensaios lentos, após 24 horas em temperatura ambiente, os corpos de prova obtiveram um ganho de massa de 1,47% em 500°C e 1,59% em 600°C.
- Já nos ensaios brusco, após 24 horas em água, observou-se que quanto maior a temperatura de aquecimento, maior era o ganho de massa. Chegando a um ganho mínimo de 13,89% em 200°C e ganho máximo (porque só foi medido até 400°C) de 17,02%.

- Taxas de aquecimento:

- Durante os ensaios, todas as taxas de aquecimento, foram adotadas de 10°C/min, entretanto após os ensaios, as mesmas foram medidas e observou-se que as taxas obedeciam a uma curva descendente linear em função das temperaturas. Ou seja, quanto maior a temperatura, menores eram as taxas, seguindo a curva: $y(x) = - 0,011 x + 11,80$, onde $y(x)$ é a taxa e x é a temperatura.
- Dentre os valores medidos, verificou-se uma taxa maior de 9,42°C/min em 200°C e 4,62°C/min em 600°C.

- Módulo de elasticidade:

- Observou-se que apenas nos ensaios de 200°C e 300°C, os módulos de elasticidade obtiveram valores maiores que os módulos em temperatura ambiente.
- Verificou-se também uma elevada crescente no módulo de elasticidade, nos ensaios a quente, entre as temperaturas de 200°C e 300°C.
- Em todas as temperaturas, os módulos de elasticidade dos ensaios bruscos, foram sempre menores que os do lento e quente.

2. Ensaios de prisma em elevadas temperaturas

- Resistência a Compressão:

- Em 200°C, que nos três estados de ensaios (quente, lento e brusco), houve um crescimento na resistência quando comparado com os ensaios em temperatura ambiente, chegando a 113,92% quando o ensaio foi quente e 18,20% quando o ensaio foi brusco.
- Observou-se uma perda discrepante, entre 300°C para 500°C no ensaio lento, houve uma perda de resistência de 71,71%.
- Nos ensaios a quente, após os 400°C a resistência decresce com a temperatura.
- Chama a atenção que no ensaio brusco, a 600°C existe um ganho de resistência de 123,86% quando comparado com a resistência de 500°C.
- Observou-se no ensaio brusco uma perda de 69,62% de resistência quando a temperatura variou de 300°C para 500°C.

- Módulo de Elasticidade:

- Verificou-se que nos ensaios lentos e quentes, os comportamentos das curvas obtiveram comportamentos semelhantes.
- Constatou-se que até uma temperatura de 300°C, os módulos de elasticidade não apresentam grandes variações, independente dos resfriamentos.
- Nos ensaios bruscos, chamou a atenção, um crescimento na curva após os 300°C, chegando a um pico nos 500°C.

3. Ensaio de Argamassa em elevadas temperaturas

- Resistência a Compressão:

- No ensaio lento, houve uma perda de 70,83% de resistência quando as temperaturas variaram de 200°C para 500°C.
- Ainda no ensaio lento, percebeu-se um leve crescimento aos 200°C na resistência de 7,91% quando comparado com a temperatura ambiente.
- No ensaio quente, observou-se que a partir dos 400°C as resistências começam a crescer linearmente até os 600°C (última temperatura ensaiada).
- Observa-se que a 500°C no ensaio lento, obteve-se a maior diferença com relação a temperatura ambiente, que foi de 68,53% de perda de resistência.
- Chama a atenção que no ensaio a quente, na temperatura de 600°C a média dos resultados foi igual aos ensaios em temperatura ambiente.
- Assim como nos blocos, as argamassas após uma situação de incêndio observaram-se que em 500°C no resfriamento lento, obteve-se uma perda de 64,33%, enquanto que no brusco o máximo obtido, foi de 50,32% também em 500°C.
- A análise anterior, só é válida para temperaturas acima de 400°C e diferente dos blocos cerâmicos, o melhor resfriamento para as argamassas é o brusco.

4. Ensaio de Paredes em elevadas temperaturas.

- Nos ensaios de paredes fizeram-se as leituras dos termopares internos, para acompanhar o aquecimento das paredes, se estavam de acordo com a curva da ISO. Então se conclui que as melhores curvas para cada situação de parede são:

Tipo de parede	Curva
Com revestimento nas duas faces.	$Y(x)=180,9*\ln(x) + 203,7$
Com revestimento é o tem uma face.	$Y(x)= 159,6*\ln(x) + 289,3$
Sem revestimento	$Y(x)= 169*\ln(x) + 248,3$

- A presença de 1,0cm de reboco nas paredes influencia aproximadamente 15 minutos de resistência ao fogo.
- Diante dos resultados, de tempo e tipo de parede, calculou-se a reta $y(x)= 0,073*x - 3,865$, ($r^2=0,992$), onde $y(x)$ é a espessura (cm) de revestimento aplicado nas duas face da parede e x é o

tempo (min), que a parede há de resistir. Curva válida apenas para paredes em blocos cerâmicos de vedação.

- Assim como, calculou-se a espessura x tempo, concluiu-se que a reta $y(x) = -4,307 x + 7,893$, ($r^2=0,934$), onde x representa a taxa de aquecimento e y(x) é a espessura de revestimento nas duas faces da parede.

Sugestões:

Diante de toda a pesquisa, observou-se que existe a possibilidade de variar diversos fatores, mantendo-se o mesmo intuito da pesquisa. Os fatores determinantes, nessa linha de pesquisa, são: tipo de bloco, tipo de revestimento, temperaturas ensaiadas e estado (carregada ou não carregada) da parede. Diante desses fatores, sugere-se pesquisas, em paredes com outros tipos de blocos, em paredes com os outros tipos de revestimentos, como por exemplo: revestimentos cerâmicos, pintura, revestimento em gesso, entre outros. E a possibilidade de ensaios com as paredes carregadas e não carregadas, para que haja uma análise aprimorada do comportamento das alvenarias de vedação e estrutural, quando submetidas a elevadas temperaturas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C67**: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. United States, 2014, 16p.

_____. **ASTM C1314**: Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms, 2014, 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5628**: Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 2001, 12p.

_____. **NBR 12118**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – Método de Ensaio, 2013, 14p.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes etetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência, 2002, 03p.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes etetos – Determinação de retenção de água, 2005, 07p.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes etetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, 2005, 04p.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes etetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, 2005, 13p.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes etetos – Requisitos, 2005, 11p

_____. **NBR 14086**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da densidade de massa aparente, 2005, 03p.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005, 11p.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005, 11p.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005, 27p.

_____. **NBR 15961: Alvenaria estrutural- Bloco de concreto Parte 2: Execução e controle de obra.** Rio de Janeiro, 2011, 35p.

CARVALHO, J. M. de. **Desempenho estrutural de prismas de blocos cerâmicos com diferentes formas e dimensões.** 2003. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

AZEVEDO, A.A.C. **Avaliação Comparativa da influência do revestimento simples e armado no comportamento compressivo de prisma e paredinha de bloco cerâmico de vedação.** 2010. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

CULFIK, M.S. **Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high-performance mortar.** 2000. 8 p. Artigo científico (Cement and Concrete Research)- University, Bebek, Istanbul, Turkey, 2001.

CYRINO, L.F. **Influência do reboco e do reboco armado com tela soldada na resistência de alvenaria de vedação submetida à compressão simples.** 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

European Committee for Standardization. **Eurocode 772 – Methods of test for masonry units Part 1- Determination of compressive strength,** 2011, 18p.

FRANCO, L.S. (1987). **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetido a esforços de compressão.** São Paulo. 136p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GARCIA, P.D. **Contribuição ao estudo da resistência á compressão de paredes de alvenarias de blocos cerâmicos.** 2000. 173 p. Dissertação (Mestrado em engenharia de estrutura) - Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

GARCIA, P.D. **Contribuição ao estudo da resistência á compressão de paredes de alvenarias de blocos cerâmicos.** 2007. 26 p. Cadernos de engenharia de estruturas, V 9-) - Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GOMES, N.S. (1983). **A resistência das paredes de alvenaria.** 1983. 190p. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo,

I.P.T - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

(1984). **Ensaio de compressão simples em paredes de blocos cerâmicos vazados.** São Paulo, Cerâmica Selecta. Relatório técnico N° 19508:

I.P.T - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

(1984). **Ensaio de compressão simples em paredes de blocos cerâmicos vazados.** São Paulo, Cerâmica Selecta. Relatório técnico N° 19509:

I.P.T - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

(1984). **Ensaio de compressão simples em paredes de blocos cerâmicos.** São Paulo, Cerâmica Selecta. Relatório técnico N° 20595.

I.P.T - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

(1984). **Ensaio de compressão simples em paredes de blocos cerâmicos vazados.** São Paulo, Cerâmica Selecta. Relatório técnico N° 20596.

I.P.T - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

(1986). **Ensaio à compressão simples de paredes construídas com blocos cerâmicos.** São Paulo, Cerâmica Selecta. Relatório técnico N° 24516

LEÃO, C.T. **Resistência de prisma de blocos estruturais cerâmicos submetidos a esforços de compressão e tração na flexão.** 2008. 188 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LIMA, A.N. **Análise experimental da influência da resistência e espessura da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos.** 2010. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

LOPES, P.A. **Estatística Aplicada à Análise de Resultados de Ensaio de Proficiência na Avaliação de Laboratórios,** 2003. 20 p. Apostila (Caderno de atividades) - Instituto Adolpho Lutz.

MAAS, C.R. **Resistência a compressão de paredes de alvenaria estrutural, com blocos assentados com argamassa plena e longitudinal.** 2004. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade estadual de Campinas, Campinas- São Paulo, 2004.

MACHADO JR., E.F. ;TAKEYA, T.(1998) Ensaio de compressão simples em paredes

de alvenaria de blocos cerâmicos. Relatório técnico: Cerâmica Maristela. São Carlos.

MACHADO JR., E.F. ;TAKEYA, T. ; VAREDA, L. (1999). **Ensaio de compressões simples em paredes de alvenaria de blocos cerâmicos**. São Carlos, Cerâmica Selecta. Relatório técnico.

MULLER, M.S.K. (1989). **Estudo das correlações entre resistências à compressão de paredes e prismas de alvenaria estrutural cerâmica não armada submetidos a Esforços de compressão axial**. São Paulo. 269 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

NGUYEN, T.D. **Etude du comportement au feu des maçonneries de briques en terre-cuite : approche expérimentale et modélisation du risque d'effacement**. 2009. 154 p. Tese (Doutorado em Engenharia civil) - L'UNIVERSITE PARIS-EST, Paris, 2010.

OLIVEIRA, E.C. **Comparação das diferentes técnicas para a exclusão de "outliers"**, 2008. 5 p. Artigo (ENQUALAB-Congresso da Qualidade em Metrologia) - Rede Metrológica do Estado de São Paulo – REMESP, São Paulo, 2008.

OTI, J.E. **Design thermal values for unfired clay bricks**. 2009. 9 p. Artigo científico (Jornal Materials and Design) - University of Glamorgan, UK, 2009. Disponível em: <homepage: www.elsevier.com/locate/matdes>

PETRUCCI, E.G.R. **Materiais de Construção**. 1980. 435 p. Livro (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

PINHEIRO, D.G. **Estudo do comportamento mecânico de blocos cerâmicos com diferentes larguras**. 2009. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

RIGÃO, A.O. **Comportamento de pequenas paredes de alvenaria estrutural frente a altas temperaturas**. 2011. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2012.

ROSEMANN, F. **Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos pelo critério de isolamento térmico**. 2011. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROGOWSKI, B. **Fire Performance of combustible Insulation in Masonry Cavity walls**. 1984. 16 p. Artigo científico (Fire Safety Journal)- Fire Research Station, Melrose avenue, Borehamwood, herts (U.K) , 1985.

SAADA, R.A. **Resistance to fire of walls constituted by hollow blocks: Experiments and thermal modeling.** 2006. 10 p. Artigo científico (Jornal ScienceDirect)- Université de Marne-La-Valle', 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/apthermeng>

SCIARRETA, F. **Masonry exposed to high temperatures: Mechanical behaviour and properties—An overview.** 2012. 18 p. Artigo científico (Fire Safety Journal)- University of Venice, Dorsoduro, Venice, Italy, 2012. Disponível em: <journal homepage: www.elsevier.com/locate/firesaf>

WU, J. **Mechanical and thermal tests of an innovative environment-friendly hollow block as self-insulation wall materials.** 2014. 8 p. Artigo científico (Construction and Building Materials)- University of Architecture and Technology, China, 2015. Disponível em: <journal homepage: www.elsevier.com/locate/conbuildmat>

APÊNDICE A- RESULTADOS DE BLOCOS CERÂMICOS ENSAIADOS A COMPRESSÃO

- RESULTADO DOS BLOCOS ENSAIADOS A QUENTE:

BLOCO	Resistência à compressão (MPa)				
	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
01	3,0099	3,2310	1,9561	2,1585	3,2573
02	2,3064	2,7813	2,8719	1,4158	1,8930
03	2,0825	1,3906	2,4404	2,7509	2,5819
04	3,0287	2,7982	1,9667	1,9731	2,6333
05	3,1895	2,8649	3,1415	2,0649	3,0854
06	1,9953	1,2146	1,9690	2,8579	2,1216
07	3,2129	2,4287	1,7205	2,8298	1,4585
08	1,5129	3,2140	1,6713	0,7485	0,7667
09	2,0456	3,5977	1,7041	2,8474	2,1830
10	2,4702	2,7368	1,8842	2,1573	1,9064
Média Total	2,3883	2,7898	1,9614	2,1579	2,1523
Média dos C.P (frontal)	2,5924	2,6468	1,8447	2,4473	1,7900
Média do C.P (Posterior)	2,6581	2,78975	2,20355	2,0658	2,6076
Diferença % (frontal/posterior)	2,47%	5,12%	16,28%	-18,47%	31,35%
Desvio Padrão	0,649147	0,777609	0,543799	0,741247	0,839650
Diferença % com a Norma	-24,43%	-11,72%	-37,93%	-31,72%	-31,89%

- RESULTADO DOS BLOCOS ENSAIADOS LENTAMENTE:

BLOCO	Resistência à compressão (MPa)				
	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
01	1,4947	2,3094	1,8187	1,6298	1,7456
02	2,0515	2,7427	1,4544	2,0398	1,8444
03	2,5094	2,2304	0,8257	2,3731	2,1667
04	2,4895	1,0456	1,5784	1,8883	1,6053
05	1,7240	2,6368	2,4620	2,2754	2,4404
06	1,4807	2,0433	1,9912	1,9251	1,0240
07	1,9216	2,3199	2,5047	2,1830	2,7123
08	1,4099	0,6357	1,6643	2,4807	2,2959
09	2,0515			4,2743	1,5784
10	1,5129	1,7544	0,8082	2,2813	2,3947
Média Total	1,8228	2,2304	1,6643	2,1114	2,0055
Média dos C.P (frontal)	1,4807	2,1816	2,2266	2,2292	2,3682
Média do C.P (Posterior)	2,4895	2,2699	1,5164	1,9641	1,7950
Diferença % (frontal/posterior)	40,52%	3,89%	-46,83%	-13,50%	-31,93%

Desvio Padrão	0,509537	0,754242	0,548596	0,282156	0,535929
Diferença % com a Norma	-42,32%	-29,42%	-47,34%	-33,19%	-36,54%

- RESULTADO DOS BLOCOS ENSAIADOS BRUSCO:

BLOCO	Resistência à compressão (MPa)				
	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
01	2,2275	2,489	1,3585	0,2649	2,5899
02	1,9789	0,9339	0,9538	1,0094	2,2509
03	2,0912	2,014	1,7503	0,6485	1,1725
04	1,4860	1,5462	0,6409	0,6281	0,6971
05	1,4737	1,3860	0,6222	1,0117	0,9058
06	1,0041	1,6158	0,9596	0,2567	0,5784
07	1,8380	0,9310	0,8076	1,8936	1,0018
08	1,6246	1,9263	1,6509	1,2076	1,5076
09	1,3322	0,3760	1,5427	1,1830	1,1047
10	0,8269	0,5965	1,0468	0,5924	0,3047
Média Total	1,7313	1,581	0,9567	0,82895	1,08715
Média dos C.P (frontal)	1,5492	1,5009	0,8836	1,1097	0,9538
Média do C.P (Posterior)	2,0351	1,7801	1,1562	0,6383	1,7117
Diferença % (frontal/posterior)	23,88%	15,68%	23,57%	-73,84%	44,28%
Desvio Padrão	0,398778	0,535611	0,440528	0,541282	0,731375
Diferença % com a Norma	-45,22%	-49,97%	-69,73%	-73,77%	-65,60%

APÊNDICE B- RESULTADOS DOS MÓDULOS DE ELASTIDADE DOS BLOCOS CERÂMICO

O módulo de elasticidade pode ser conhecido através do traçado do gráfico tensão x deformação específica, obtido na compressão, a fim de avaliar e quantificar a deformação ocorrida durante o ensaio. Várias maneiras podem ser utilizadas para se obter o módulo de elasticidade dos elementos de alvenaria. Normalmente o módulo é determinado através do gráfico tensão-deformação para uma carga correspondente de 40% a 60% da carga de ruptura para o módulo secante, e à carga correspondente a 30% para o módulo tangente inicial. (PINHEIRO, 2009).

Ainda não existem ensaios brasileiros normalizados para determinação do módulo de elasticidade de blocos cerâmicos ou de concreto. (PINHEIRO, 2009).

Diante disso, nas literaturas foram encontrados alguns valores de módulo de elasticidade calculados para blocos, prismas e paredes, na tabela 28 mostra um resumo dos valores encontrados para blocos e paredes.

Tabela 28- Resumo de resultados de módulo de elasticidade em blocos e paredes.

Autor	Módulo de elasticidade (MPa) Blocos:	Tamanho do bloco (cm)	Tipo de bloco	Módulo de elasticidade (MPa) Paredes:	Tamanho das paredes (cm):
GOMES (1983)	4300 ~4900	19 X 19 X 39	Cerâmico estrutural	2254 ~4377	19 x180 x260
				4540 ~6209	19 x120 x260
FRANCO (1987)	3493	11,5x11,3x24	Cerâmico estrutural	2900~3877	11,5 x 124x261,5
MULLER (1989)	6320	14 X 240 X119	Cerâmico estrutural	3072 ~3721	14 x 119 x 240
MACHADO (1999)	x	14 x 19 x 29	Cerâmico estrutural	4852	14 x 120 x 240
GARCIA & RAMALHO (2000)	x	14 x 19 x 29	Cerâmico estrutural	4829	14 x 120 x 240
GARCIA 2000	3394~4811	7 x19 x 29	Cerâmico estrutural	4693~9179	14 x 120 x 240
	5782~6724	14 x19 x 29			
PINHEIRO 2009	X	11,5 x 19 x 29	Cerâmico estrutural	7150	11,5 x 59 x 79
	X	14 x 19 x 29		4730	14 x 59 x 79
AUTOR	4687~5508	9 x 19 x19	Cerâmico Vedação	x	x

Observa-se na tabela 28, que cada autor usou blocos e paredes de tamanhos diferentes o que fez com que exista uma variação nos resultados de módulo de elasticidade. No caso dos blocos, obteve-se valores entre 3394 e 6724 MPa, enquanto que nas pesquisas, obteve-se entre 4687 e 5508 MPa, em temperaturas ambientes.

Nos ensaios de resistência as compressões foram calculadas os módulos de elasticidade de cada bloco em cada situação ensaiada, montando os gráficos tensão x deformação, cujo os módulos de elasticidade foram calculados da seguinte maneira:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (5)$$

Onde:

$$\sigma = \frac{F}{A} \ \& \ \varepsilon = \frac{x}{L}$$

E= Módulo de elasticidade ou módulo de young (N/m²)

σ =Tensão aplicada dos blocos (N/m²)

F= Força em (N)

A= Área da seção a qual a tensão é aplicada (m²)

ε = Deformação longitudinal do corpo de prova (adimensional)

x= Posição de deslocamento de acordo com o carregamento (mm)

L= Altura total do corpo de prova (mm)

Inicialmente estimou-se via calculo numérico, o módulo de elasticidade dos c.p's ensaiados a compressão e posteriormente estimaram-se os módulos de cada bloco em cada temperatura ensaiada. Os módulos eram calculados através do gráfico tensão x deformação, considerando as cargas e os deslocamentos até a carga de ruptura. Para melhor compreensão dos resultados, calculou-se a razão entre a média dos módulos de elasticidade, pela média do modulo de elasticidade dos ensaios conforme a norma brasileira,essa razão, denominou-se de k.

$$K = \frac{E\theta}{Eamb} \quad (6)$$

Onde:

K = razão

$E\theta$ = Média dos módulos de elasticidade em uma temperatura e um tipo de resfriamento

E_{amb} = Média dos módulos de elasticidade do ensaio conforme a NBR

Abaixo, os valores calculados, para blocos:

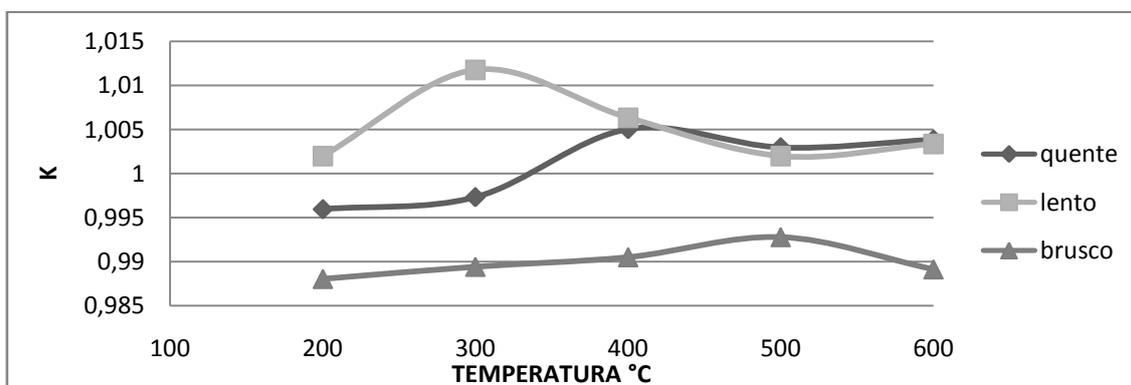
Tabela 29- Estimativa de módulos de elasticidade dos ensaios de bloco

BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2
1	5170	0,998
2	5147	0,992
3	4760	0,989
4	4851	0,994
5	5151	0,995
6	4816	0,997
7	5125	0,999
8	5054	0,999
9	5083	0,994
10	5065	0,999
11	4687	0,994
12	5508	0,98
13	4993	0,999
E_{amb}	5065	0,995

Tabela 30- Média dos módulos de elasticidade dos blocos em elevadas temperaturas

E_{mb}	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Quente	5044,5	5051,5	5090,5	5080	5084,5
Lento	5075	5124,5	5097	5075	5082
Brusco	5004,5	5011,5	5017	5028,5	5010

Gráfico 22- E0/EA x Temperatura °C (Blocos)



Observa-se no gráfico 22, os comportamentos dos módulos de elasticidade em todos os resfriamentos ao longo das temperaturas ensaiadas. O que chama atenção é a mudança de comportamento das curvas lento e quente justamente após a temperatura de 400°C, para o ensaio à quente, após os 400°C, o módulo de elasticidade estabiliza,

enquanto que o lento decai até 500°C e volta a ter um leve crescimento aos 600°C. Outro ponto importante é que em todas as temperaturas o k da curva brusco sempre permaneceu abaixo de 1 (um), deixando claro que a água influência na rigidez dos blocos.

- RESULTADO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DOS BLOCOS Á QUENTE:

RESUMO 200 B.R.Q			RESUMO 300 B.R.Q		
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2	BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2
1	5081	0,998	1	5056	0,999
2	5043	0,999	2	5026	1
3	4767	0,997	3	4698	0,99
4	5046	0,999	4	4885	0,999
5	4894	0,999	5	5047	0,999
6	5085	0,999	6	5008	0,99
7	5027	0,999	7	5062	0,999
8	4871	0,994	8	5063	0,999
9	4827	0,997	9	4890	0,999
10	5067	0,999	10	5068	0,999
Média	5035	0,999	Média	5036,5	0,999
RESUMO 400 B.R.Q			RESUMO 500 B.R.Q		
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2	BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2
1	5158	0,992	1	5282	0,992
2	5213	0,995	2	5228	0,969
3	5050	0,994	3	4849	0,998
4	5091	0,987	4	5089	0,996
5	5062	0,998	5	4814	0,997
6	5097	0,997	6	5078	0,998
7	4776	0,988	7	5080	0,999
8	5090	0,99	8	5702	0,979
9	5083	0,999	9	5090	0,996
10	5110	0,982	10	4797	0,997
Média	5090,5	0,993	Média	5084,5	0,9965
RESUMO 600 B.R.Q					
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2			
1	5045	0,997			
2	5118	0,983			
3	5084	0,993			
4	4881	0,997			
5	5070	0,998			
6	5085	0,989			
7	5020	0,997			
8	5227	0,841			
9	5103	0,99			
10	5341	0,977			
Média	5084,5	0,9915			

- RESULTADO DOS MODULOS DE ELASTICIDADE DOS BLOCOS LENTO:

RESUMO 200 B.R.L			RESUMO 300 B.R.L		
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2	BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2
1	5140	0,996	1	4920	0,999
2			2	5133	0,998
3	5079	0,999	3	5045	0,999
4	5094	0,998	4	5174	0,994
5			5	5062	0,999
6	5193	0,993	6	5116	0,997
7	5065	0,999	7	4820	0,998
8	54948	0,999	8	5285	0,99
9	5050	0,995	9		
10	5071	0,999	10	5157	0,997
média	5086,5	0,9985	média	5116	0,998
RESUMO 400 B.R.L			RESUMO 500 B.R.L		
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2	BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2
1	5098	0,999	1	4824	0,998
2	5100	0,997	2	5079	0,999
3	4672	0,991	3	5075	0,999
4	5096	0,998	4	5046	0,999
5	5088	0,999	5	5088	0,999
6	5079	0,999	6	5045	0,999
7	5048	0,999	7	4819	0,997
8	5124	0,997	8	5086	0,999
9			9	4932	0,999
10	5284	0,98	10	5060	0,998
média	5096	0,998	média	5053	0,999
RESUMO 600 B.R.L					
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2			
1	5045	0,999			
2	4986	0,999			
3	5082	0,997			
4	5120	0,999			
5	5055	0,999			
6	5415	0,993			
7	4885	0,998			
8	4847	0,998			
9	5102	0,999			
10	5084	0,999			
media	5068,5	0,999			

- RESULTADO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DOS BLOCOS BRUSCO:

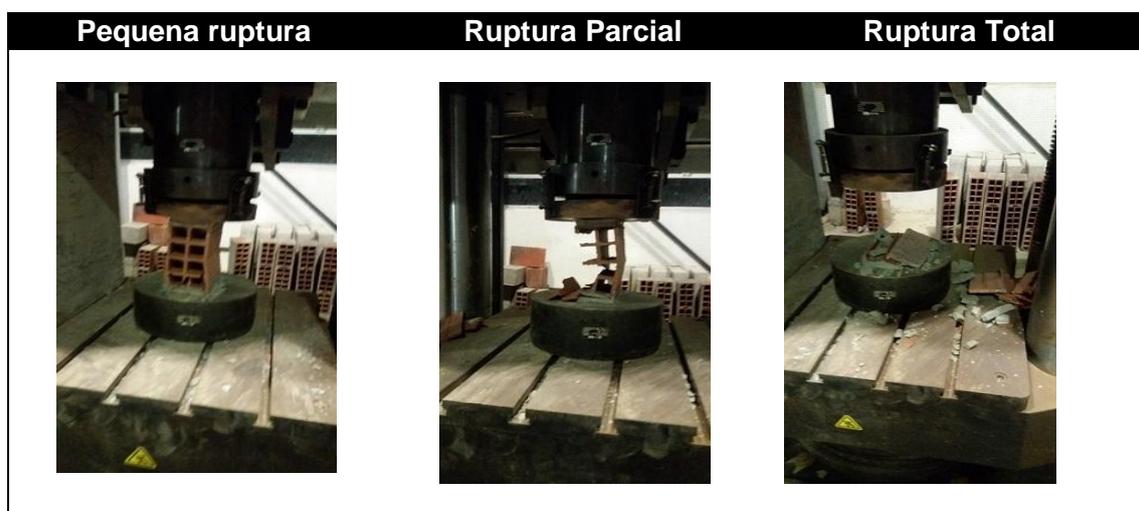
RESUMO 200 B.R.B			RESUMO 300 B.R.B		
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2	BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2
1	5004	1	1	26531	0,954
2	4995	0,999	2	5083	0,993
3	5004	0,993	3	5015	0,997
4	5005	0,999	4	4999	0,999
5	4950	0,999	5	4983	0,994
6	5000	0,995	6	5029	0,998
7	5021	0,995	7	5027	0,958
8	5011	0,996	8	5008	0,998
9	5007	0,999	9	5016	0,998
10	4926	0,995	10	4979	0,999
Média	5004	0,9975	Média	5015,5	0,9975
RESUMO 400 B.R.B			RESUMO 500 B.R.B		
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2	BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2
1	5056	0,999	1	4460	0,996
2	4636	0,903	2	5125	0,988
3	4989	0,999	3	4989	0,998
4	4982	0,996	4	5226	0,985
5	5327	0,957	5	5042	0,993
6	5120	0,997	6	4915	0,991
7	5096	0,991	7	5000	0,999
8	4984	0,999	8	5015	0,996
9	5045	0,995	9	5084	0,999
10	4947	0,999	10	5046	0,996
Média	5017	0,9965	Média	5028,5	0,996
RESUMO 600 B.R.B					
BLOCO	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M²)	R2			
1	4997	0,999			
2	5010	0,999			
3	5028	0,999			
4	5201	0,97			
5	4991	0,998			
6	4835	0,997			
7	5039	0,99			
8	5048	0,998			
9	4973	0,999			
10	5763	0,988			
Média	5019	0,998			

APÊNDICE C- RUPTURAS NOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO EM BLOCOS CERÂMICOS.

Nos ensaios, foram observados e analisados os tipos de ruptura nos c.p's, para verificar o comportamento estrutural dos blocos, quando os mesmos são ensaiados a quente, com resfriamento brusco e lento.

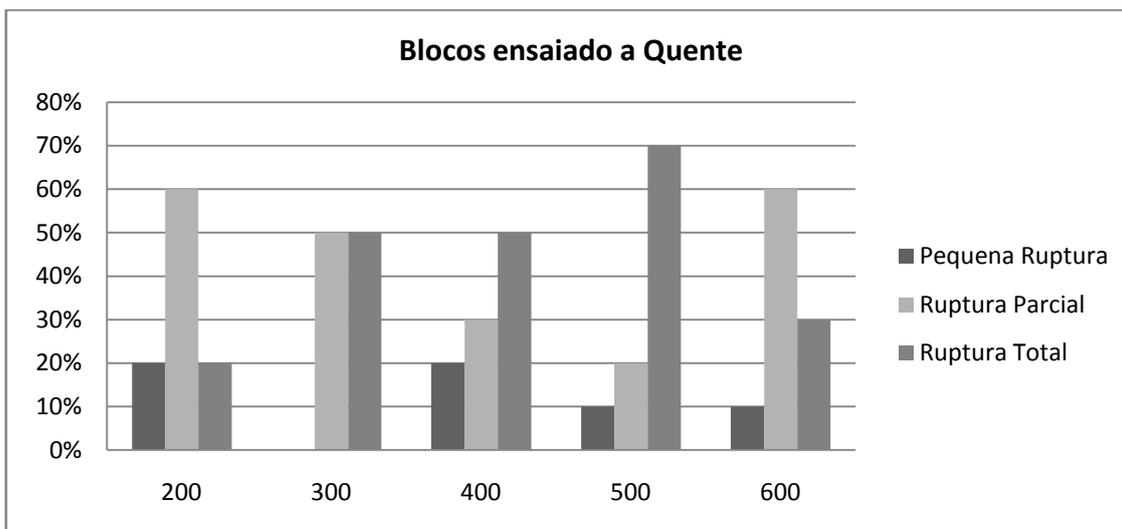
Foi verificado que nas normas brasileiras (NBR), não comenta sobre os tipos de ruptura em blocos cerâmicos submetidos a elevadas temperaturas, entretanto sabe-se que a geometria dos blocos, tem influência direta nas resistências das alvenarias, por isso achou-se importante analisar o comportamento dos blocos após o rompimento.

Tabela 31- Tipos de ruptura em blocos cerâmicos de vedação



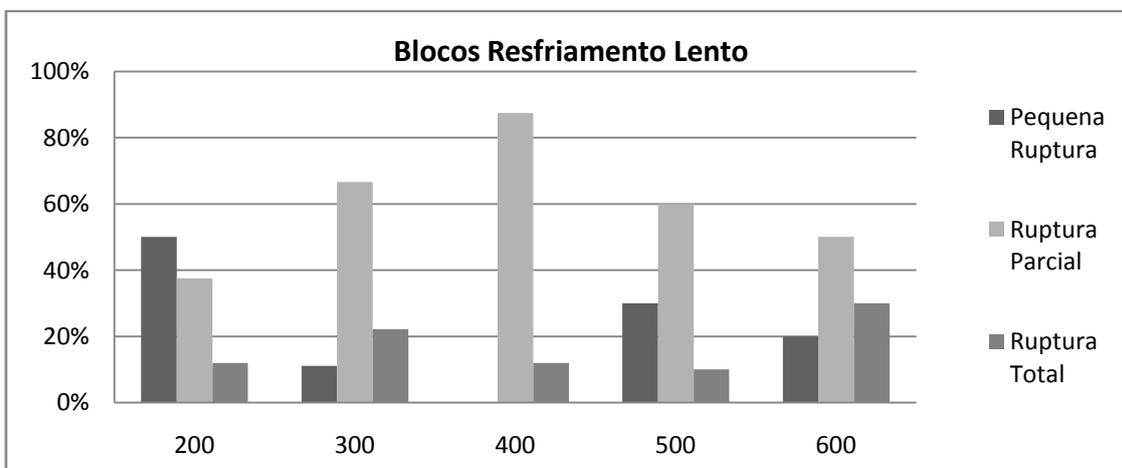
Observam-se os resultados de ruptura obtidos nos blocos, pelo critério da avaliação fotográfica, tiradas logo após a ruptura de cada bloco, observaram-se em cada temperatura ensaiada os tipos de rupturas obtidos. No gráfico 22, têm-se os resultados em termos percentuais (razão do número de c.p's com um determinado tipo de ruptura pelo número de c.p's ensaiados).

Gráfico 23- Tipo de ruptura x Temperatura, em ensaios de blocos á quente.



Nos blocos á quente, observa-se que as rupturas parciais e totais representam em média aproximadamente 50% dos blocos ensaiados, enquanto que as pequenas rupturas representam apenas 10%. Observou-se a 500°C, 70% dos blocos sofreram ruptura total, enquanto que em 300°C, não houve pequenas rupturas.

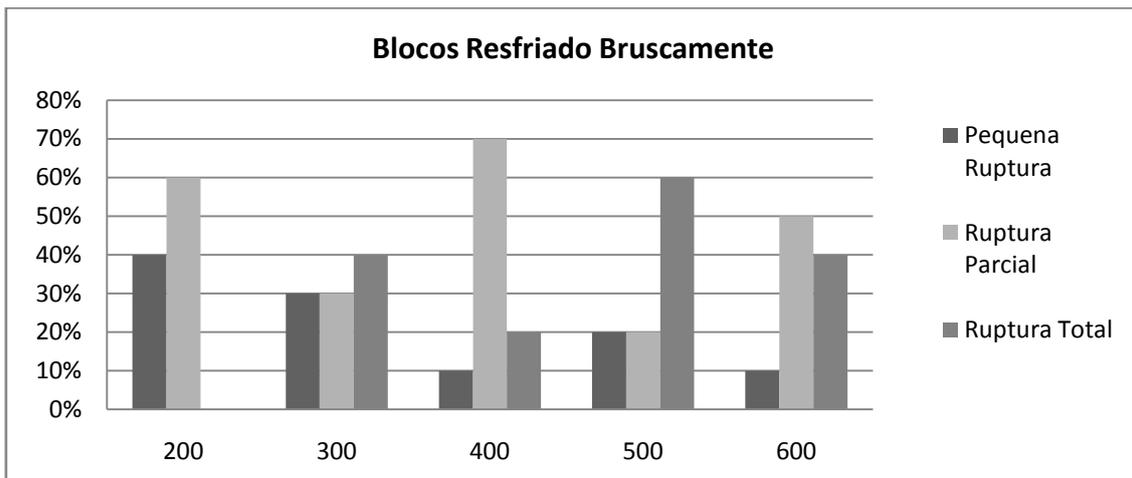
Gráfico 24- Tipo de ruptura x Temperatura, em ensaios de blocos resfriado lentamente.



Nos blocos ensaiados com rompimento lento, verifica-se no gráfico que as rupturas parciais, representam em média 60% dos blocos ensaiados. Observa-se também que a 400°C, a ruptura parcial representou 88% dos blocos ensaiados e que na mesma temperatura não houve pequenas rupturas.

Diferente dos ensaios á quente, as rupturas totais, baixaram sua média para 12% dos blocos ensaiados, enquanto que as pequenas rupturas subiram para 20%, chegando até 50% dos blocos ensaiados na temperatura de 200°C.

Gráfico 25- Tipo de ruptura x Temperatura, em ensaios de blocos resfriado bruscamente.



Nos blocos ensaiados com resfriamento brusco, verifica-se no gráfico, uma média aproximada de 50% dos ensaios dos blocos para as rupturas parciais e 40% para as rupturas totais, voltando a ter um equilíbrio de ambas as rupturas encontradas nos ensaios a quente. Assim como obtido no ensaio lento, á 400°C, a ruptura parcial obteve 70% dos blocos ensaiados. Diferente dos ensaios a quente e lento, as pequenas rupturas não tiveram seu percentual medido em nenhuma das temperaturas.

APÊNDICE D- RESULTADOS DE ENSAIOS DE COMPRESSÃO EM PRISMAS DE 2 BLOCOS CERÂMICO PRISMA CERÂMICO

- RESULTADO DOS PRISMAS ENSAIADOS Á QUENTE:

Resistência à compressão (MPa)					
BLOCO	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
01	1,2222	1,1275	1,3421	0,8205	0,4211
02	1,2942	1,2702	1,6129	1,2146	0,7193
03	1,4754	0,4895	1,024	0,4826	0,2743
04	1,5532	1,7368	0	1,0316	0,1363
Média Total	1,3848	1,1989	1,3421	0,9261	0,3477
Desvio Padrão	0,154062	0,514912	0,705489	0,314214	0,249757
Diferença % com a Norma	113,92%	85%	107,32%	43,05%	-46,29%

- RESULTADO DOS PRISMAS ENSAIADOS LENTAMENTE:

Resistência à compressão (MPa)					
BLOCO	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
01	0,638	1,3608	0,6532	0,7626	0,3614
02	1,4743	1,252	0,8199	0,3819	0,4257
03	1,2368	0,5175	0,6515	0,2181	0,0673
04	0,807	1,6111	0,5228	0,3263	0,7041
Média Total	1,0219	1,252	0,65235	0,3541	0,39355
Desvio Padrão	0,384376	0,469933	0,121787	0,236889	0,261333
Diferença % com a Norma	57,86%	93,40%	0,77%	-45,30%	-39,21%

- RESULTADO DOS PRISMAS ENSAIADOS BRUSCO:

Resistência à compressão (MPa)					
BLOCO	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
01	0,5912	0,8509	0,4830	0,1561	0,3614
02	0,9392	0,8105	0,3439	0,4965	0,4257
03	0,4930	0,9111	0,6012	0,1708	0,8673
04	0,9994	0,5789	0,2357	0,3339	0,7041
Média Total	0,7652	0,8307	0,4134	0,25235	0,5649
Desvio Padrão	0,251087	0,145303	0,159681	0,159902	0,237463
Diferença % com a Norma	18,20%	28,32%	-36,13%	-61,02%	-12,74%

APÊNDICE E- RESULTADOS DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO EM PRISMAS DE 2 BLOCOS CERÂMICO

Assim como nos ensaios de blocos cerâmicos, os módulos de elasticidade dos prismas também foram calculados através das tensões impostas ao prisma, ao longo do carregamento medindo-se as deformações. Como visto nas literaturas, não existem normas que determinem módulos de elasticidade de prismas quando submetido a elevadas temperaturas, ou seja, implica em determinar os valores, através dos cálculos de tensão e deformação. Atrelado a isso, na tabela 32, têm-se resultados encontrados para o módulo de elasticidade de prismas com 2 e 3 blocos em temperatura ambiente.

Tabela 32- Resumo de resultados de módulo de elasticidade em prismas de 2 e 3 blocos.

Autor	Módulo de elasticidade (MPa) PRISMA 2 BLOCOS	Tamanho do bloco (cm)	Tipo de bloco	Módulo de elasticidade (MPa) PRISMA 3 BLOCOS
GOMES (1983)	4111 ~6045	19 x 19 x 39	Cerâmico estrutural	X
GARCIA (2000)	x	14 x 19 x 29	Cerâmico estrutural	7054 ~ 9780
PINHEIRO(2009)	x	11,5 x 19 x 29	Cerâmico estrutural	1540 ~2150
	x	14 x 19 x 29		2100 ~3220
AUTOR	4843 ~5570	9 x 19 x19	Cerâmico Vedação	x

Na tabela 32, observa-se que os valores encontrados para os prismas com 2 blocos, estão compatíveis com os resultados encontrados nas literaturas, considerando os valores em temperatura ambiente. Na tabela 33, encontram-se todos os resultados calculados dos c.p's prismáticos em temperatura ambiente e na tabela 34 estão os resultados de acordo com os ensaios.

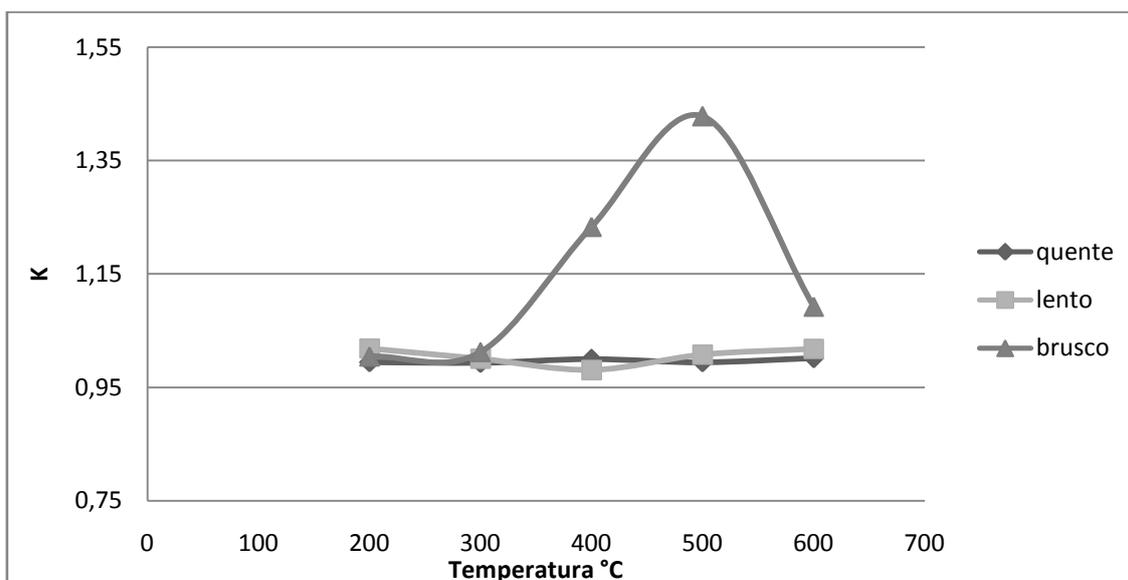
Tabela 33- Estimativa dos módulos de elasticidade em temperatura ambiente.

PRISMA	MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2
1	5263	0,989
2	5027	0,999
3	5049	0,999
4	4962	0,999
5	4960	0,999
6	5086	0,998
7	5533	0,995
8	5570	0,995
9	4843	0,997
10	4996	1
11	5198	0,998
12	4876	0,998
Média	5038	0,998

Tabela 34- Resultado dos módulos de elasticidade de prismas.

Ensaio	T.A	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Quente	5011,5	4983	4977	5010	4982	5018,5
Lento	5011,5	5104,5	5013	4914	5050	5101
Brusco	5011,5	5034,5	5072,5	6180	7157	5474

Como os ensaios de módulo de elasticidade não são normatizados, é interessante que se calcule o coeficiente K (razão entre a média do módulo de elasticidade em temperatura ensaiada pela média do módulo de elasticidade em temperatura ambiente), pois os “possíveis erros” serão anulados, tornando o valor da razão, um parâmetro mais eficaz.

Gráfico 26- E0/EA x Temperatura (Prisma)

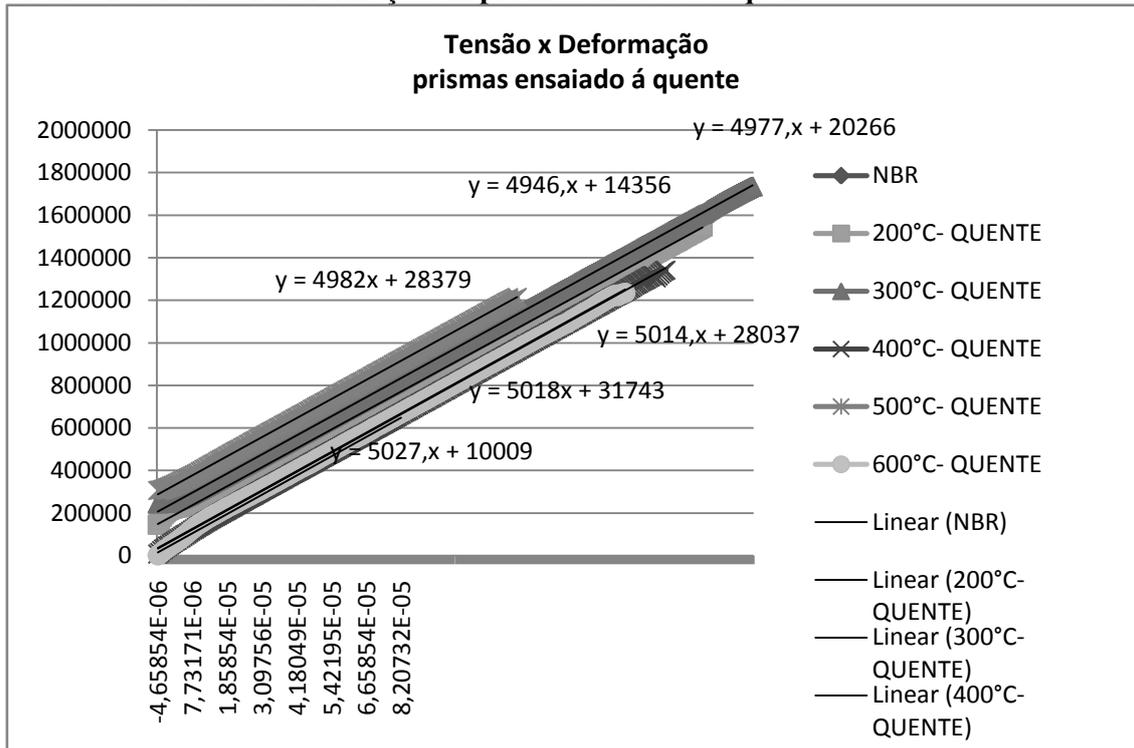
Observa-se no gráfico 26, que o resultado tanto do ensaio quente quanto do lento obteve resultados cujos valores de K, deram próximos de 1, variam entre 0,98 e 1,03. Outro ponto observado foi de que nos ensaios bruscos, até os 300°C, os valores de k eram próximos a um, entretanto quando chegaram em 400°C, os valores subiram consideravelmente, tendo um valor de k igual 1,42 em 500°C.

- RESULTADO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DOS PRISMA Á QUENTE:

RESUMO 200 P.R.Q			RESUMO 300 P.R.Q		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2	BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2
1	4863	0,998	1	4945	0,999
2	4982	0,999	2	5028	0,997
3	4984	1	3	5518	0,985
4	4946	0,999	4	4977	0,999
média	4964	0,999	média	5002,5	0,998

RESUMO 400 P.R.Q			RESUMO 500 P.R.Q		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2	BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)	R2
1	5014	0,999	1	4874	0,998
2	5006	1	2	4982	0,999
3	5028	0,992	3	X	
4	X		4	5025	0,995
média	5014	0,999	média	4982	0,998

Gráfico 27- Tensão x Deformação em prismas ensaiados a quente.

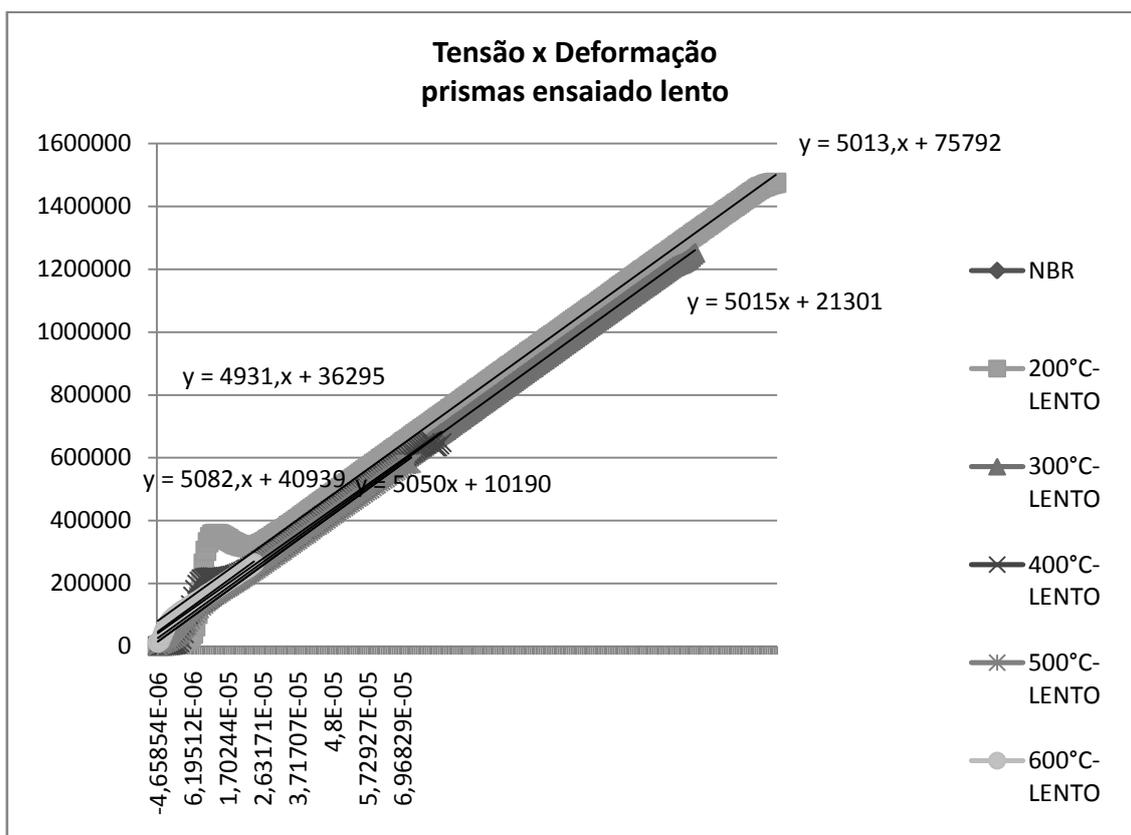
**- RESULTADO DOS MODULOS DE ELASTICIDADE DOS PRISMA LENTO:**

RESUMO 200 P.R.L			RESUMO 300 P.R.L		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2	BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2
1	5222	0,921	1	4981	0,998
2	5013	0,99	2	5015	0,999
3	5033	0,997	3	5373	0,99
4	5176	0,77	4	5011	0,995
média	5104,5	0,9555	média	5013	0,9965

RESUMO 400 P.R.L			RESUMO 500 P.R.L		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2	BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2
1	4931	0,975	1	4962	0,998
2	4693	0,975	2	5050	0,996
3	4897	0,998	3	5418	0,993
4	5288	0,987	4	5974	0,946
média	4914	0,981	média	5234	0,9945

RESUMO 600 P.R.L		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2
1	5264	0,937
2	5120	0,951
3	5082	0,977
4	4535	0,988
média	5101	0,964

Gráfico 28- Tensão x Deformação de prismas ensaiados lento.



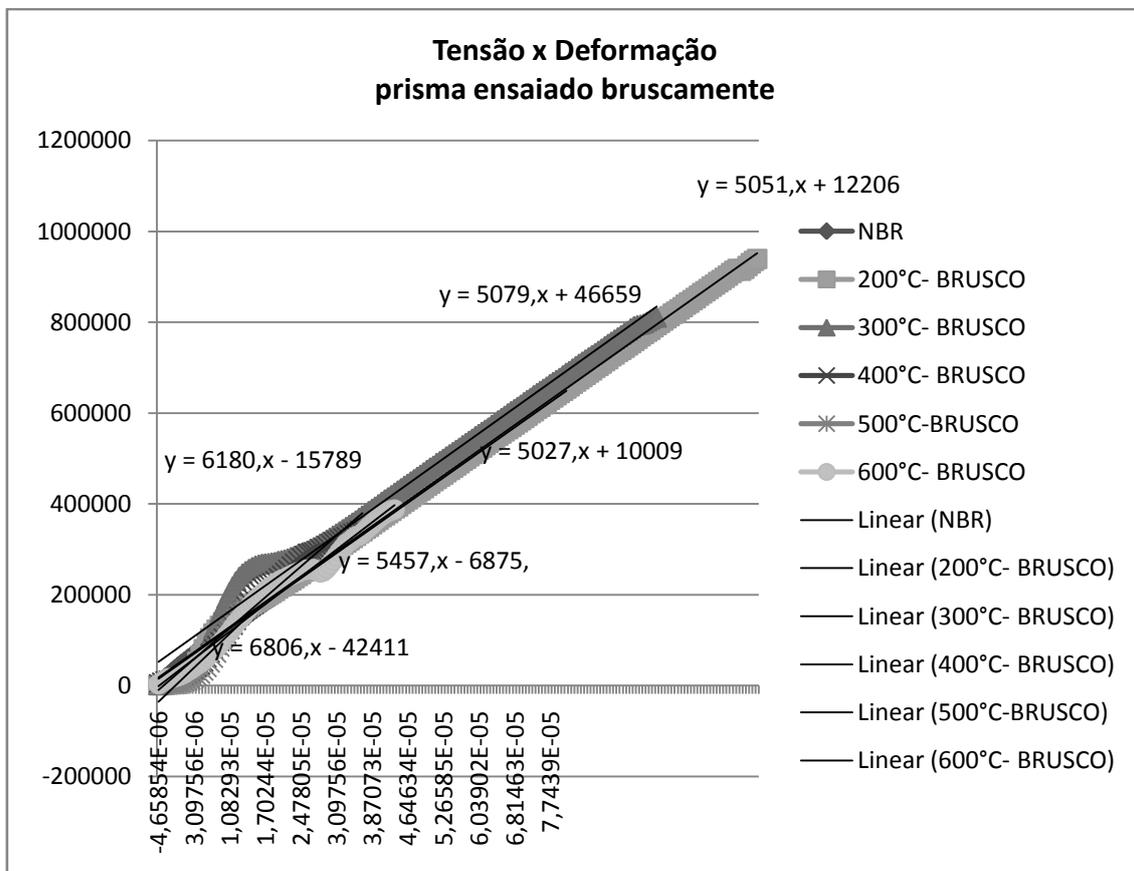
- RESULTADO DOS MODULOS DE ELASTICIDADE DOS PRISMA BRUSCO:

RESUMO 200 P.R.B			RESUMO 300 P.R.B		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2	BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2
1	4877	0,995	1	5124	0,976
2	5051	0,998	2	5079	0,985
3	5149	0,96	3	5066	0,955
4	5018	0,984	4	5012	0,988
média	5034,5	0,9895	média	5072,5	0,9805

RESUMO 400 P.R.B			RESUMO 500 P.R.B		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2	BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2
1	4986	0,99	1	7508	0,899
2	6180	0,976	2	5751	0,89
3	5686	0,858	3	6806	0,892
4	6576	0,859	4	8421	0,936
média	5933	0,9175	média	7157	0,8955

RESUMO 600 P.R.B		
BLOCO	MODULO DE ELASTICIDADE	R2
1	5955	0,768
2	5457	0,982
3	2590	0,963
4	5491	0,961
média	5474	0,962

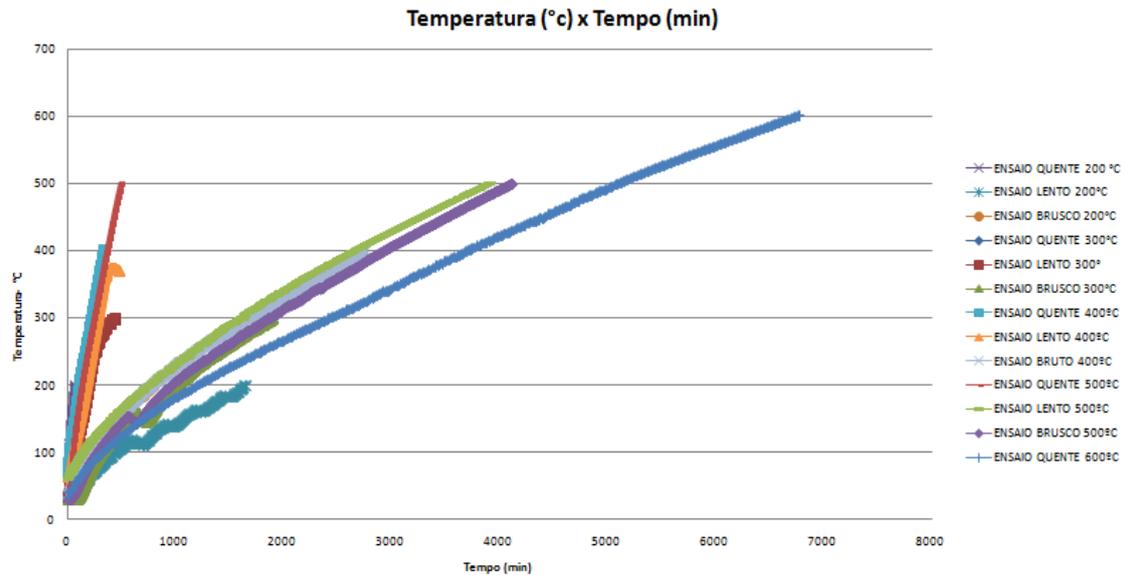
Gráfico 29- Tensão x Deformação de prismas ensaiados brusco.



APÊNDICE F- RESULTADOS DAS LEITURAS DOS TERMOPARES

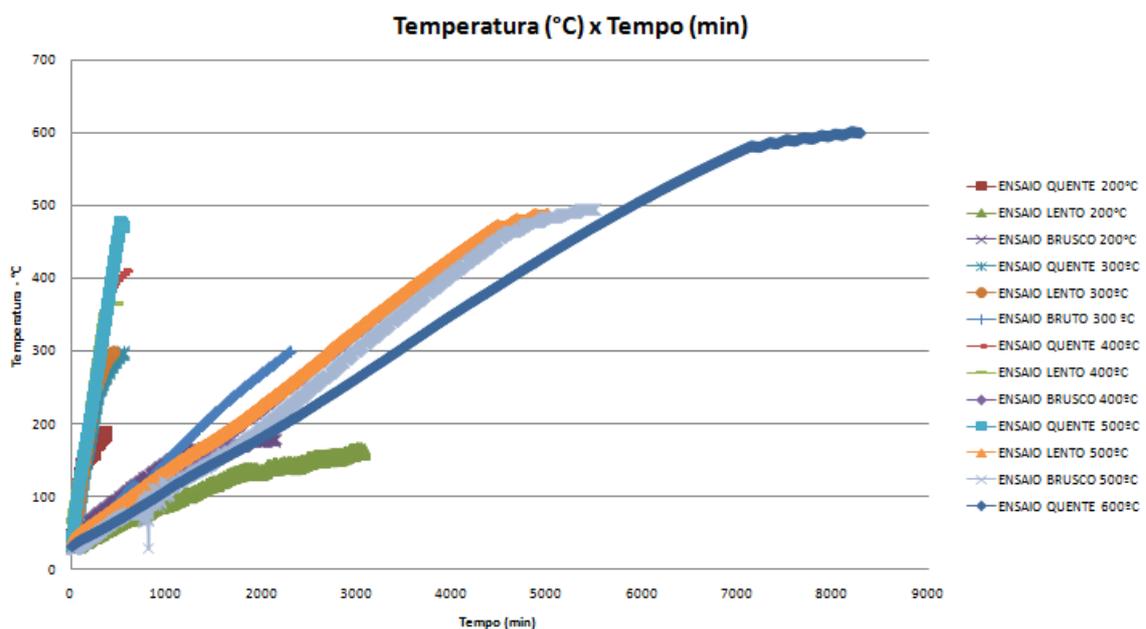
- RESULTADO GRÁFICO DAS CURVAS TEMPERATURA X TEMPO DOS TERMOPARES LIVRES (T.L):

Gráfico 30- Temperatura X Tempo- leitura dos termopares livres nos ensaios de 200°C há 600°C.



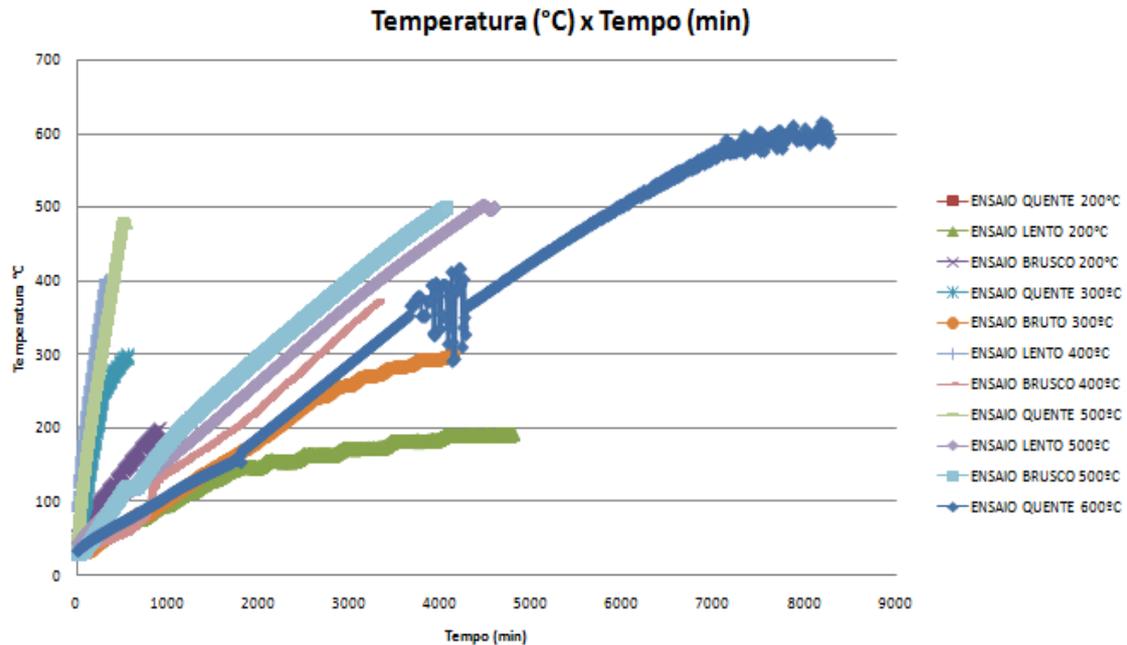
- RESULTADO GRÁFICO DAS CURVAS TEMPERATURA X TEMPO DOS TERMOPARES ATRÁS LIVRE (T.A.L):

Gráfico 31- Temperatura X Tempo- leitura dos termopares atrás livre nos ensaios de 200°C há 600°C.



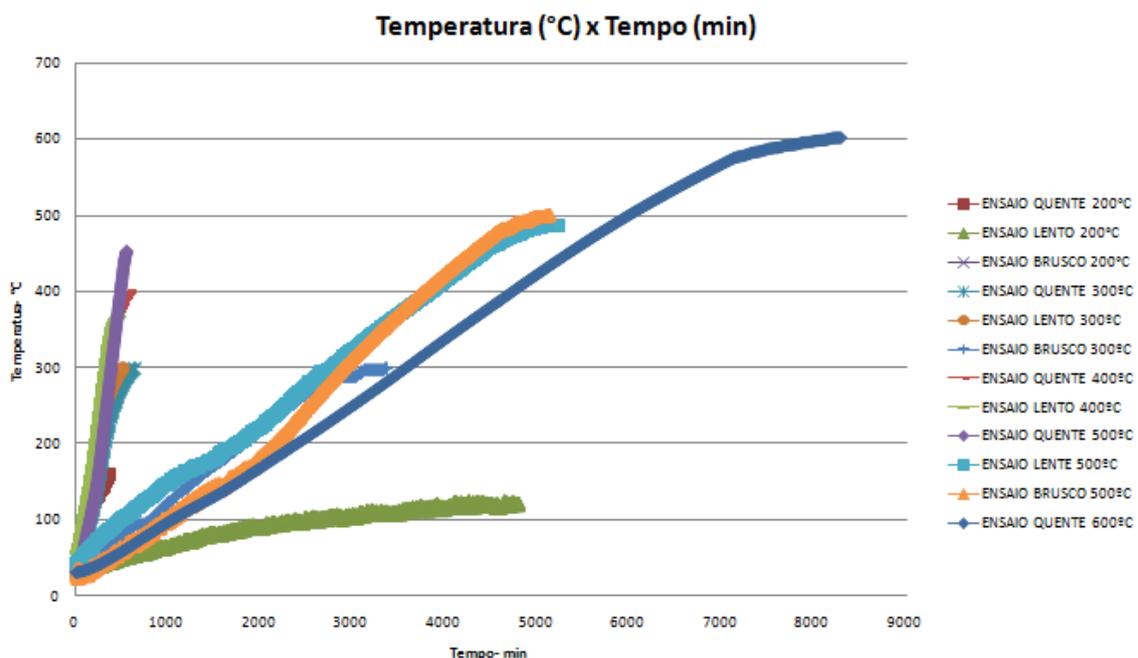
- RESULTADO GRÁFICO DAS CURVAS TEMPERATURA X TEMPO DOS TERMOPARES NA FRENTE LIVRE (T.F.L):

Gráfico 32- Temperatura X Tempo- leitura dos termopares na frente livre nos ensaios de 200°C há 600°C.



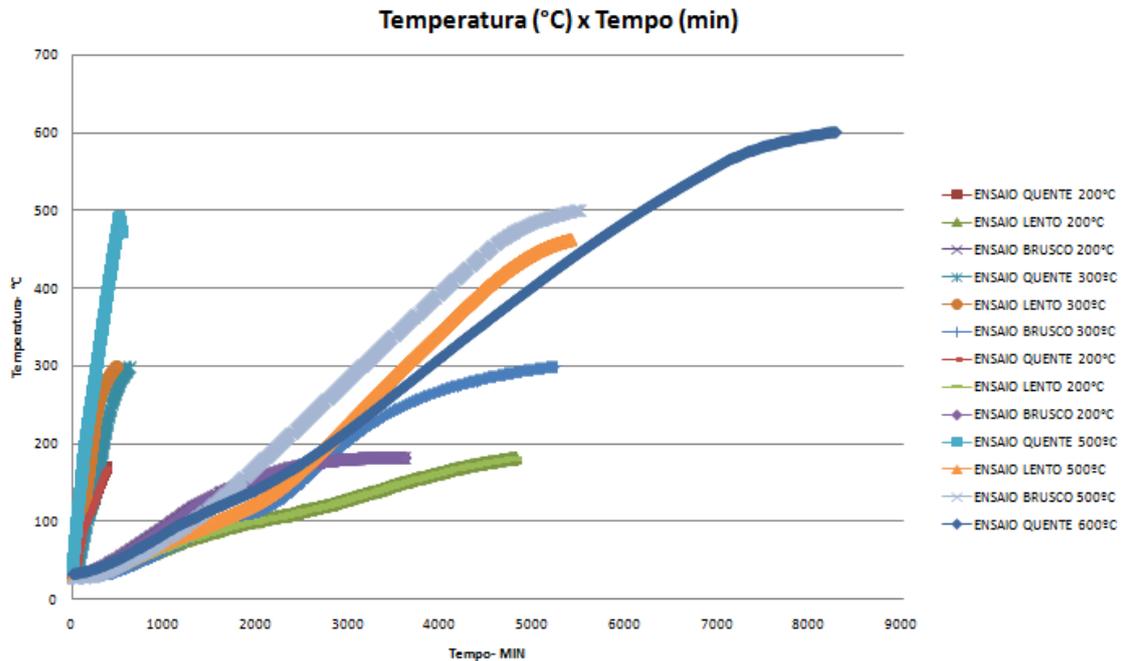
- RESULTADO GRÁFICO DAS CURVAS TEMPERATURA X TEMPO DOS TERMOPARES ATRÁS DENTRO (T.A.D):

Gráfico 33- Temperatura X Tempo- leitura dos termopares atrás dentro nos ensaios de 200°C há 600°C.



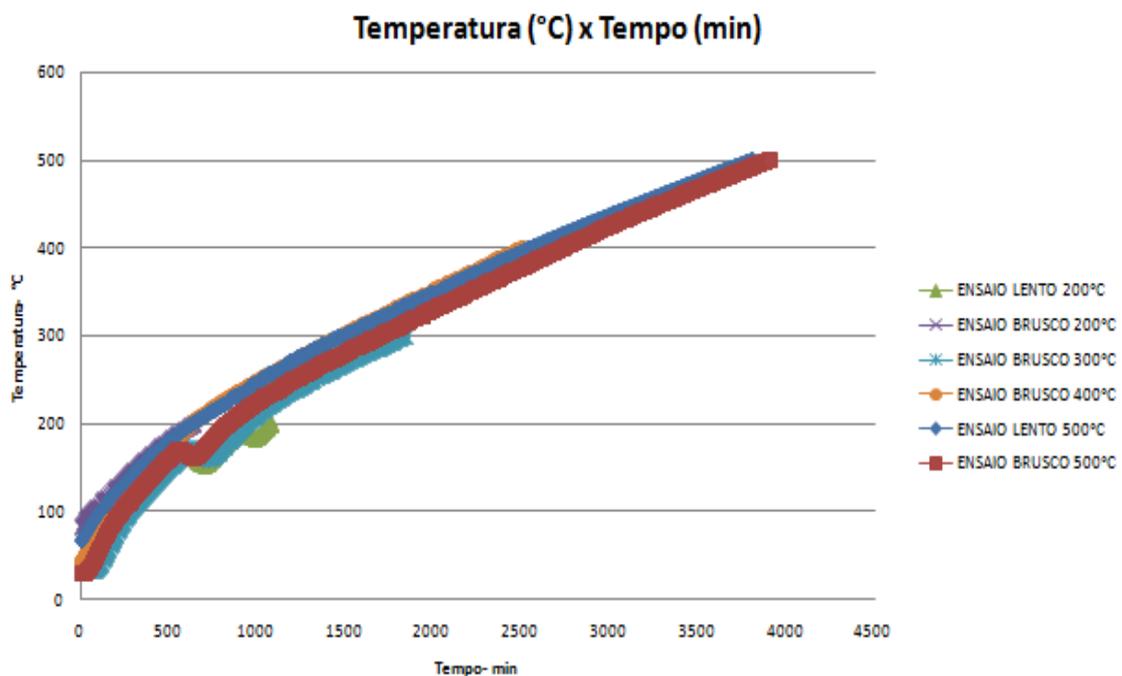
- RESULTADO GRÁFICO DAS CURVAS TEMPERATURA X TEMPO DOS TERMOPARES NA FRENTE DENTRO (T.F.D):

Gráfico 34- Temperatura X Tempo- leitura dos termopares na frente dentro nos ensaios de 200°C há 600°C.



- RESULTADO GRÁFICO DAS CURVAS TEMPERATURA X TEMPO DOS TERMOPARES SUPERIOR (T.S):

Gráfico 35- Temperatura X Tempo- leitura dos termopares superiores nos ensaios de 200°C há 600°C.



APÊNDICE G- RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA

- DADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA HÁ 200°C:

Grupo 2- 200C- Termopar 3x															
c.p	M.I (g)	M.A.A (g)	Perda % de massa	M 24h em H2O	Ganho % de massa	M 24h em T.A	Ganho % de massa	Leitura Flexão (ton)	Flexão (Mpa)	Condicionante	Aprovação	Leitura Compressão (ton)	Compressão (Mpa)	Condicionante	Aprovação
1	488,93	419,25	14,25%									0,55	3,4375	0,0625	APROVADO
2	476,54	404,24	15,17%									0,56	3,5	0	APROVADO
3	484,41	402,98	16,81%									0,8	5	-1,5	ELIMINADO
4	496,78	434,48	12,54%	506,82	16,65%			0,03	0,703125	-0,234375	APROVADO	0,66	4,125	-0,8125	ELIMINADO
5	505,2	430,59	14,77%	503,59	16,95%			0,02	0,46875	0	APROVADO	0,53	3,3125	0	APROVADO
6	502,61	432,81	13,89%	513,07	18,54%			0,02	0,46875	0	APROVADO	0,4	2,5	0,8125	ELIMINADO
7	494,95	409,08	17,35%			413,07	0,98%	0,03	0,703125	0,46875	ELIMINADO	1,08	6,75	-0,75	ELIMINADO
8	510,21	430,73	15,58%			433,07	0,54%	0,06	1,40625	-0,234375	APROVADO	0,8	5	1	ELIMINADO
9	503,29	417,93	16,96%			420,62	0,64%	0,05	1,171875	0	APROVADO	0,96	6	0	APROVADO
												ANTIGO		NOVO	
			média 15,26%	média	17,38%	média	0,72%	média brusco	0,46875			média quente	3,5	média quente	3,46875
								média lento	1,171875			média brusco	3,3125	média brusco	3,3125
												média lento	6	média lento	6

- DADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA HÁ 300°C:

Grupo 3- 300C- Termopar 5x															
c.p	M.I (g)	M.A.A (g)	Perda % de massa	M 24h em H2O	Ganho % de massa	M 24h em T.A	Ganho % de massa	Leitura Flexão (ton)	Flexão (Mpa)	Condicionante	Aprovação	Leitura Compressão (ton)	Compressão (Mpa)	Condicionante	Aprovação
1	516,19	417,05	19,21%									0,66	4,125	0	APROVADO
2	502,85	417,6	16,95%									0,6	3,75	0,375	APROVADO
3	512,88	423,26	17,47%									0,99	6,1875	-2,0625	ELIMINADO
4	510,08	411,42	19,34%	503,44	22,37%			0,02	0,46875	0,234375	APROVADO	0,49	3,0625	0,4375	APROVADO
5	510,86	421,99	17,40%	496,65	17,69%			0,03	0,703125	0	APROVADO	0,56	3,5	0	APROVADO
6	504,75	412,05	18,37%	506,60	22,95%			0,03	0,703125	0	APROVADO	0,76	4,75	-1,25	ELIMINADO
7	513,19	419,76	18,21%			423,21	0,82%	0,02	0,46875	0	APROVADO	0,89	5,5625	-1,3125	ELIMINADO
8	506,71	412,03	18,69%			414,68	0,64%	0,02	0,46875	0	APROVADO	0,68	4,25	0	APROVADO
9	505,41	418,23	17,25%			421,37	0,75%	0,02	0,46875	0	APROVADO	0,53	3,3125	0,9375	ELIMINADO
												ANTIGO		NOVO	
			média 18,10%	média	21,00%	média	0,74%	média brusco	0,703125			média quente	4,125	média quente	3,9375
								média lento	0,46875			média brusco	3,5	média brusco	3,28125
												média lento	4,25	média lento	4,25

- DADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA HÁ 400°C:

Grupo 1- 400C- Termopar 2x															
c.p	M.I (g)	M.A.A (g)	Perda % de massa	M 24h em H2O	Ganho % de massa	M 24h em T.A	Ganho % de massa	Leitura Flexão (ton)	Flexão (Mpa)	Condicionante	Aprovação	Leitura Compressão (ton)	Compressão (Mpa)	Condicionante	Aprovação
1	490,06	410,75	16,18%									0,68	4,25	0	APROVADO
2	502,37	403,91	19,60%									0,61	3,8125	0,4375	APROVADO
3	493,01	402,44	18,37%									0,78	4,875	-0,625	ELIMINADO
4	496,01	409,79	17,38%	507,12	23,75%			0,02	0,46875	0	APROVADO	0,49	3,0625	-0,0025	APROVADO
5	513,86	419,34	18,39%	517,07	23,31%			0,03	0,703125	-0,234375	APROVADO	0,55	3,4375	-0,3775	APROVADO
6	498,92	406,41	18,54%	505,32	24,34%			0,02	0,46875	0	APROVADO	0,45	2,8125	0,2475	APROVADO
7	498,12	407,01	18,29%			411,44	1,09%	0,03	0,703125	0	APROVADO	0,48	3	-0,3125	APROVADO
8	485,81	374,16	22,98%			377,36	0,86%	0,02	0,46875	0,234375	APROVADO	0,33	2,0625	0,625	ELIMINADO
9	463,54	396,18	14,53%			399,71	0,89%	0,03	0,703125	0	APROVADO	0,43	2,6875	0	APROVADO
												ANTIGO		NOVO	
			média 18,25%	média	23,80%	média	0,94%	média brusco	0,46875			média quente	4,25	média quente	4,03125
								média lento	0,703125			média brusco	3,06	média brusco	3,0625
												média lento	2,6875	média lento	2,84375

- DADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA HÁ 500°C:

Grupo 4- 500C- Termopar 7x															
c.p	M.I (g)	M.A.A (g)	Perda % de massa	M 24h em H2O	Ganho % de massa	M 24h em T.A	Ganho % de massa	Leitura Flexão (ton)	Flexão (Mpa)	Condicionante	Aprovação	Leitura Compressão (ton)	Compressão (Mpa)	Condicionante	Aprovação
1	501,18	406,97	18,80%									0,78	4,875	0,0625	APROVADO
2	507,84	419,01	17,49%									1,06	6,625	-1,6875	ELIMINADO
3	499	407,25	18,39%									0,79	4,9375	0	APROVADO
4	497,44	402,89	19,01%	496,56	23,25%			0,03	0,703125	0	APROVADO	0,35	2,1875	0,25	APROVADO
5	514,23	414,2	19,45%	514,11	24,12%			0,04	0,9375	-0,234375	APROVADO	0,41	2,5625	-0,125	APROVADO
6	502,75	405,64	19,32%	506,00	24,74%			0,03	0,703125	0	APROVADO	0,39	2,4375	0	APROVADO
7	531,39	434,96	18,15%			439,33	1,00%	0,01	0,234375	0,234375	APROVADO	0,28	1,75	0	APROVADO
8	485,34	398,36	17,92%			401,81	0,87%	0,03	0,703125	-0,234375	APROVADO	0,35	2,1875	-0,4375	APROVADO
9	506,08	411,94	18,60%			415,88	0,96%	0,02	0,46875	0	APROVADO	0,27	1,6875	0,0625	APROVADO
												Antigo		Novo	
		média	18,57%	média	24,04%	média	0,94%	média brusco	0,703125			média quente	4,9375	média quente	4,90625
								média lento	0,46875			média brusco	2,4375	média brusco	2,4375
												média lento	1,75	média lento	1,75

- DADOS DOS ENSAIOS DE ARGAMASSA HÁ 600°C:

Grupo 5 - 600C- Termopar 0x															
c.p	M.I (g)	M.A.A (g)	Perda % de massa	M 24h em H2O	Ganho % de massa	M 24h em T.A	Ganho % de massa	Leitura Flexão (ton)	Flexão (Mpa)	Condicionante	Aprovação	Leitura Compressão (ton)	Compressão (Mpa)	Condicionante	Aprovação
1	517,01	422,24	18,33%									0,89	5,5625	0	APROVADO
2	512,49	421,02	17,85%									1,03	6,4375	-0,875	ELIMINADO
3	490,94	393,01	19,95%									0,71	4,4375	1,125	ELIMINADO
4	495,54	397,03	19,88%	493,67	24,34%			0,02	0,46875	0	APROVADO	0,59	3,6875	0	APROVADO
5	515,39	418,87	18,73%	517,39	23,52%			0,01	0,234375	0,234375	APROVADO	0,63	3,9375	-0,25	APROVADO
6	518,65	421,95	18,64%	531,39	25,94%			0,03	0,703125	-0,234375	APROVADO	0,48	3	0,6875	ELIMINADO
7	502,85	406,58	19,14%			411,11	1,11%	0,01	0,234375	0	APROVADO	0,24	1,5	0,875	ELIMINADO
8	509,15	414,44	18,60%			418,36	0,95%	0,02	0,46875	-0,234375	APROVADO	0,4	2,5	-0,125	APROVADO
9	505,33	401,12	20,62%			404,14	0,75%	0	0	0,234375	APROVADO	0,38	2,375	0	APROVADO
												Antigo		Novo	
		média	19,08%	média	24,60%	média	0,94%	média brusco	0,46875			média quente	5,5625	média quente	5,5625
								média lento	0,234375			média brusco	3,6875	média brusco	3,8125
												média lento	2,375	média lento	2,4375

APÊNDICE H- RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PAREDE

No ensaio da parede um (revestida nos dois lados), realizado no dia 21.12.2016, teve seu início às 11:26, começando por um pré aquecimento de 21 minutos, com temperatura ambiente da parede inicialmente de 34°C. O ensaio durou aproximadamente 79 minutos, quando foi suspenso o aquecimento, pois as médias dos cinco termopares atingiram 140°C, mesmo apresentado um pequeno vazamento de gás por volta de 37 minutos de aquecimento até 44 minutos, mas não foi suficiente para inflamar o chumaço de algodão. Nessa parede calculou-se a taxa média de 1,35°C/min na face oposta ao fogo. Na figura 53, temos a imagem de como ficou o estado da parede, na face interna e externa.

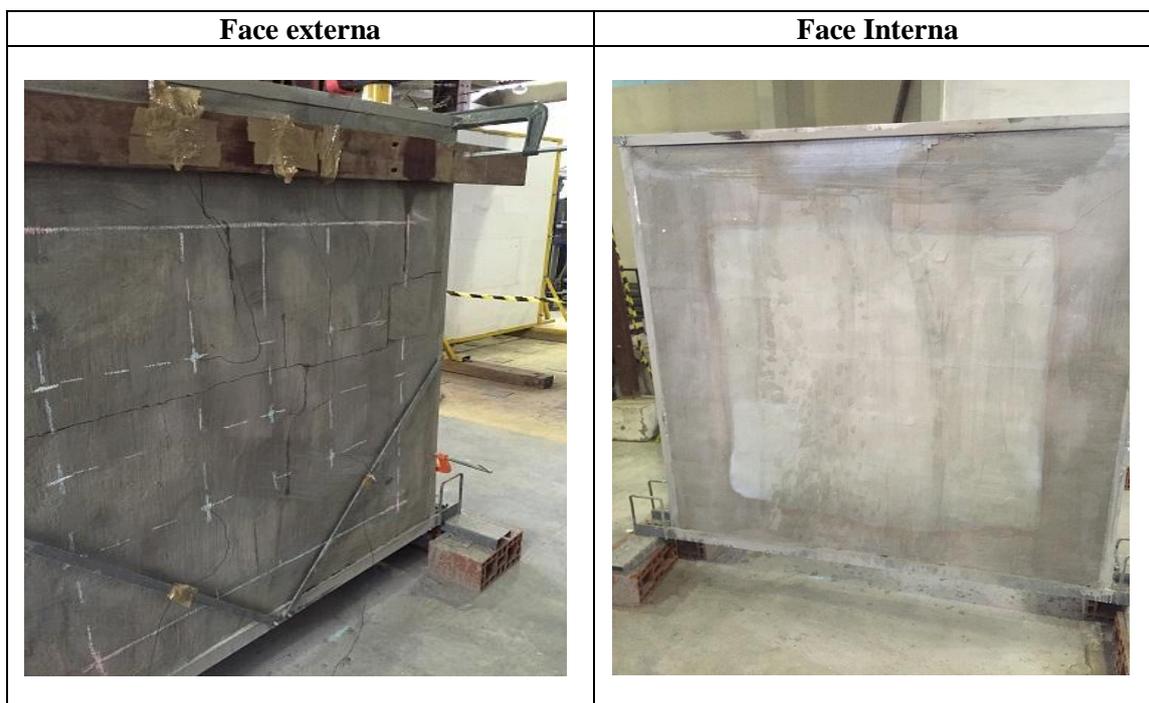


Figura 53- Parede 1, após ensaio.

No ensaio da parede dois (revestida apenas de um lado), realizado no dia 22.12.2016, teve seu início às 11:36, cujo pré aquecimento foi de 22 minutos, apresentando uma temperatura inicial na parede de 30°C. Para essa parede o ensaio durou aproximadamente 64 minutos, quando a média dos 5 termopares atingiram a média de 140°C. A taxa de aquecimento para essa parede foi de 1,88°C/min. Na figura 54, temos a imagem de como ficou o estado da parede, na face interna e externa.

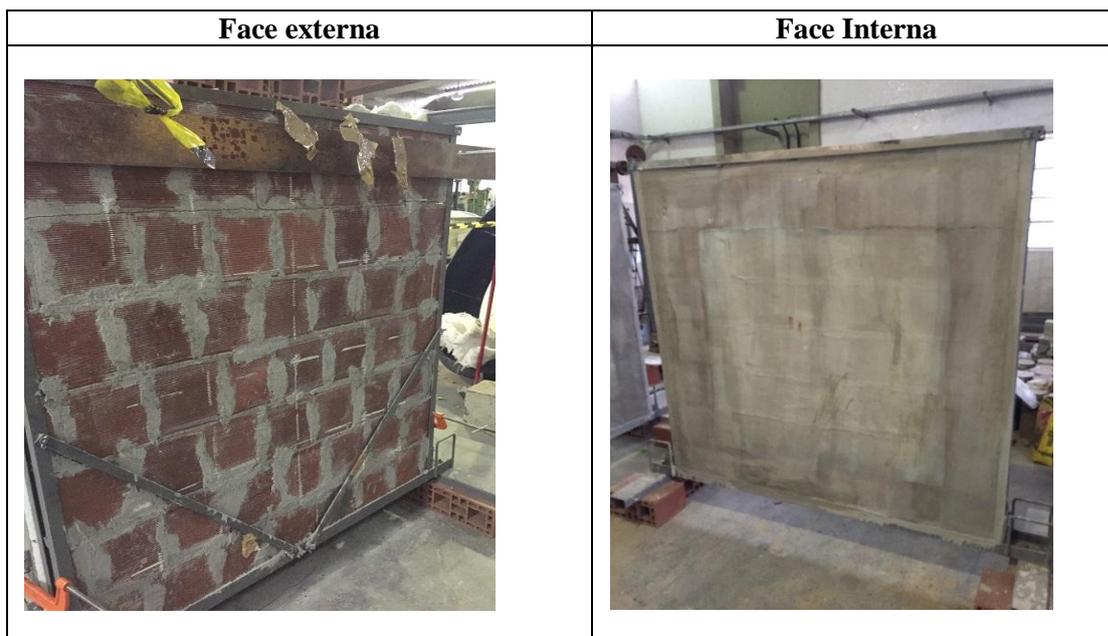


Figura 54- Parede 2, após ensaio.

Na parede três (sem revestimento), realizado 26.12.2016, teve seu início as 13:19, com temperatura inicial de 31°C. O ensaio dessa parede durou 46 minutos, tendo um pré-aquecimento de 19 minutos anteriormente. Foi finalizado pois começou a haver o vazamento de gás e o chumaço de algodão inflamou. A taxa de aquecimento para essa parede foi de 1,16°C/min. Na figura 56, temos a imagem de como ficou o estado da parede, na face interna e externa.



Figura 55- Parede 3, durante o ensaio.

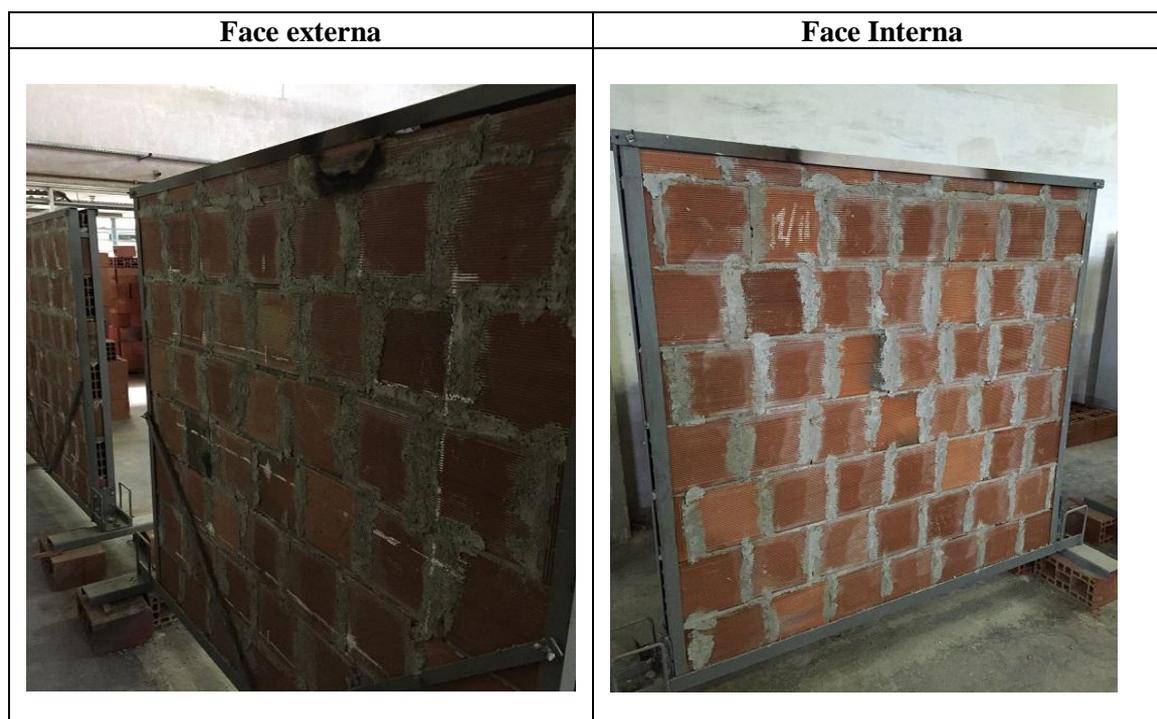


Figura 56- Parede 3, após ensaio.

Na parede quatro (revestimento dos dois lados), realizado no dia 03.01.2017, seu início se deu as 10:28, com um temperatura inicial de 31°C. O ensaio dessa parede durou aproximadamente 78 minutos, tendo um pré aquecimento de 19 minutos antes do início do aquecimento, apresentando uma taxa de 1,35°C/min, sendo finalizada pois as médias dos cinco termopares alcançaram 140°C. Na figura 57, temos a imagem de como ficou o estado da parede, na face interna e externa.

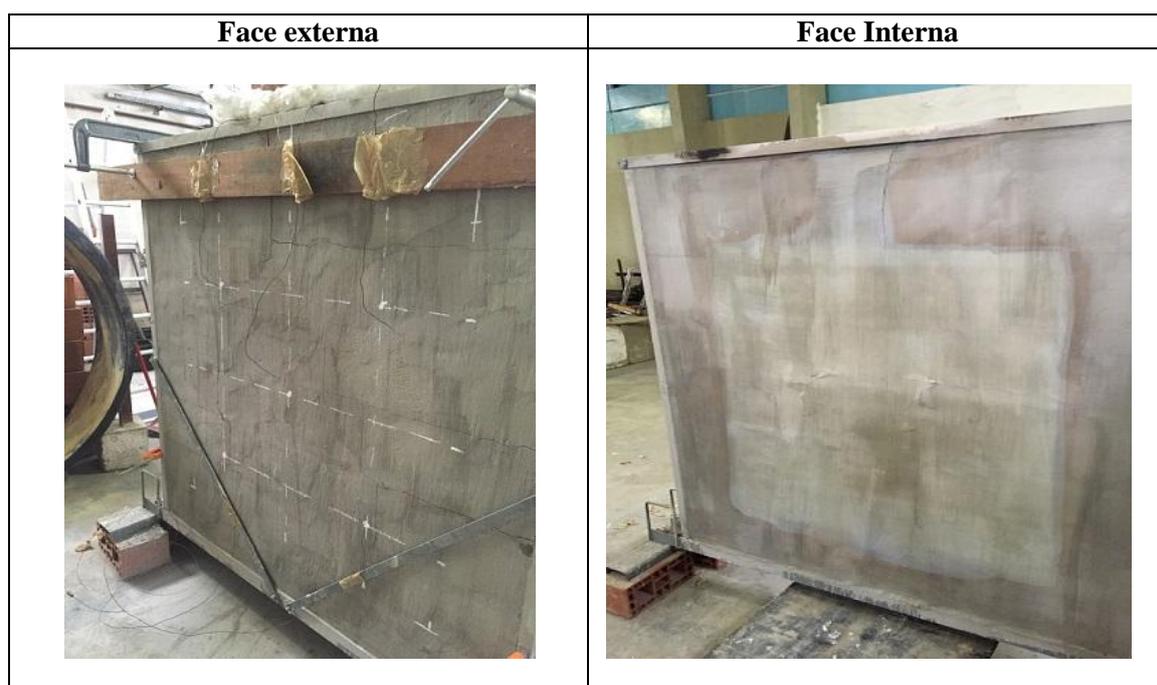


Figura 57- Parede 4, após ensaio.

Na parede cinco (revestimento só de um lado), realizado no dia 04.01.2017, seu início se deu as 10:56, com um temperatura inicial de 31°C. O ensaio dessa parede durou aproximadamente 71 minutos, tendo um pré aquecimento de 20 minutos antes do início do aquecimento, apresentando uma taxa de 1,35°C/min, sendo finalizada pois as médias dos cinco termopares alcançaram 140°C. Na figura 58, temos a imagem de como ficou o estado da parede, na face interna e externa.

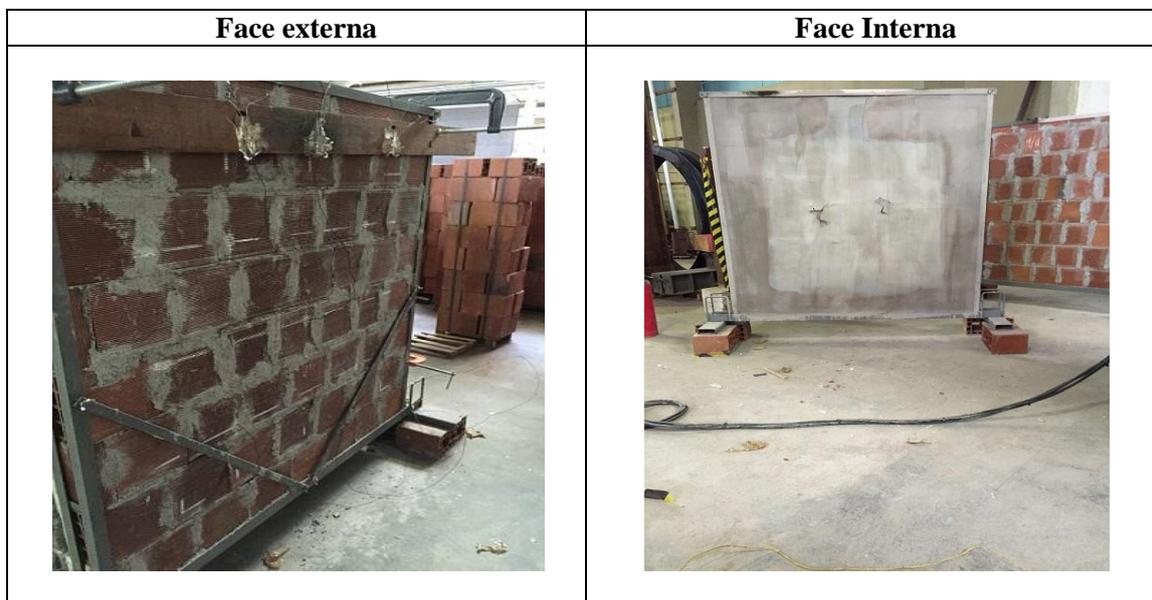


Figura 58- Parede 5, após ensaio.

Na parede seis (revestimento só de um lado), realizado no dia 05.01.2017, seu início se deu as 10:33, com um temperatura inicial de 31°C. O ensaio dessa parede durou aproximadamente 58 minutos, tendo um pré aquecimento de 19 minutos antes do início do aquecimento, apresentando uma taxa de 1,78°C/min, sendo finalizada pois as médias dos cinco termopares alcançaram 140°C. Na figura 59, temos a imagem de como ficou o estado da parede, na face interna e externa.

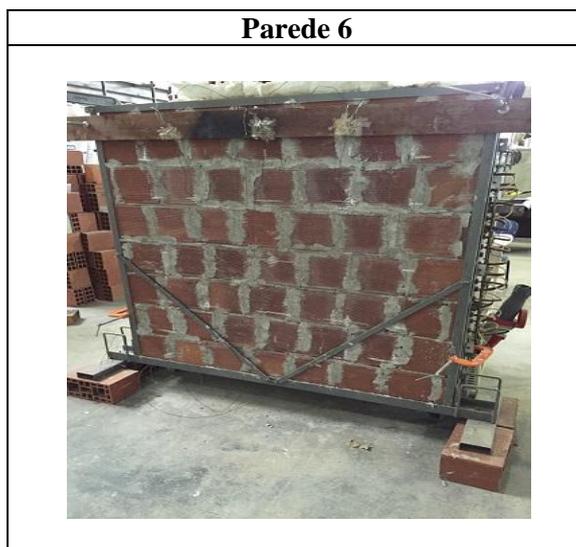


Figura 59- Parede 6, após ensaio.

APÊNDICE I-TABELAS

Tabela 35- Valores críticos para o teste de Dixon

H	5%	1%
3	0,970	0,994
4	0,820	0,926
5	0,710	0,821
6	0,628	0,740
7	0,569	0,680
8	0,608	0,717
9	0,564	0,672
10	0,530	0,635
11	0,502	0,605
12	0,479	0,579
13	0,611	0,697
14	0,586	0,670
15	0,565	0,647
16	0,546	0,627
17	0,529	0,610
18	0,514	0,594
19	0,501	0,580
20	0,489	0,567
21	0,478	0,555
22	0,468	0,544
23	0,459	0,535
24	0,451	0,526
25	0,443	0,517
26	0,436	0,510
27	0,429	0,502
28	0,423	0,495
29	0,417	0,489
30	0,412	0,483

Tabela 36- Valores críticos para o teste de Chauvenet

Valores críticos de R_c ($P = 0,05$)

n	2	3	4	5	6	7	10	15	25	50	100
R_c	1,15	1,38	1,54	1,65	1,73	1,80	1,96	2,13	2,33	2,57	2,81

APÊNDICE J- ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

- Resistência a Compressão**

-Blocos ensaiados a Quente :

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	200	Cálculo		300		Cálculo	0,53	Mantido				
QUENTE	1	1,5123				1	1,2146	0,0873	0,53	Mantido				
	2	1,9953				2	1,3906							
	3	2,0456				3	2,4287							
	4	2,0825				4	2,7368							
	5	2,3064				5	2,7813							
	6	2,4702				6	2,7982							
	7	3,0039				7	2,8643							
	8	3,0287				8	3,214							
	9	3,1895				9	3,231							
	10	3,2123	0,019	0,53	Mantido	10	3,5377	0,1661	0,53	Mantido				
MÉDIA		2,3683			MÉDIA		2,78975							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	400	Cálculo		300		Cálculo	0,53 <td>Mantido</td> <td colspan="2"></td> <td></td>	Mantido				
QUENTE	1	1,6713				1	1,2146	0,0873	0,53	Mantido				
	2	1,7041				2	1,3906							
	3	1,7205				3	2,4287							
	4	1,8842				4	2,7368							
	5	1,9561				5	2,7813							
	6	1,9667				6	2,7982							
	7	1,969				7	2,8643							
	8	2,4404				8	3,214							
	9	2,8713				9	3,231							
	10	3,1415	0,1876	0,53	Mantido	10	3,5377	0,1661	0,53	Mantido				
MÉDIA		1,9614			MÉDIA		1,3614							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		chavonet
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	200	Cálculo	1,36	300		Cálculo	1,36	Excluí				
QUENTE	1	1,5123	1,475	1,36	Mantido	1	1,2146	2,0456	1,36	Excluí				
	2	1,9953	0,662	1,36	Mantido	2	1,3906	1,817	1,36	Mantido				
	3	2,0456	0,578	1,36	Mantido	3	2,4287	0,4689	1,36	Mantido				
	4	2,0825	0,515	1,36	Mantido	4	2,7368	0,0688	1,36	Mantido				
	5	2,3064	0,138	1,36	Mantido	5	2,7813	0,011	1,36	Mantido				
	6	2,4702	0,138	1,36	Mantido	6	2,7982	0,011	1,36	Mantido				
	7	3,0039	1,047	1,36	Mantido	7	2,8643	0,0376	1,36	Mantido				
	8	3,0287	1,079	1,36	Mantido	8	3,214	0,551	1,36	Mantido				
	9	3,1895	1,35	1,36	Mantido	9	3,231	0,573	1,36	Mantido				
	10	3,2123	1,33	1,36	Mantido	10	3,5377	1,0493	1,36	Mantido				
MÉDIA		2,3683			MÉDIA		2,78975							
d.p.		0,59341			d.p.		0,770013							
					MÉDIA		2,7362							
					d.p.		0,624858							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		chavonet
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	400	Cálculo	1,36 <th colspan="2">300</th> <th>Cálculo</th> <th>1,36 <td>Excluí</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </th>	300		Cálculo	1,36 <td>Excluí</td> <td colspan="2"></td> <td></td>	Excluí				
QUENTE	1	1,6713	0,565	1,36	Mantido	1	1,2146	2,0456	1,36	Excluí				
	2	1,7041	0,5011	1,36	Mantido	2	1,3906	1,817	1,36	Mantido				
	3	1,7205	0,4692	1,36	Mantido	3	2,4287	0,4689	1,36	Mantido				
	4	1,8842	0,1504	1,36	Mantido	4	2,7368	0,0688	1,36	Mantido				
	5	1,9561	0,0103	1,36	Mantido	5	2,7813	0,011	1,36	Mantido				
	6	1,9667	0,0103	1,36	Mantido	6	2,7982	0,011	1,36	Mantido				
	7	1,969	0,0148	1,36	Mantido	7	2,8643	0,0376	1,36	Mantido				
	8	2,4404	0,9329	1,36	Mantido	8	3,214	0,551	1,36	Mantido				
	9	2,8713	1,7733	1,36	Mantido	9	3,231	0,573	1,36	Mantido				
	10	3,1415	2,2984	1,36	Excluí	10	3,5377	1,0493	1,36	Mantido				
MÉDIA 1		1,3614			MÉDIA 1		1,3614							
d.p.		0,5134			d.p.		0,5134							
MÉDIA 2		1,9561			MÉDIA 2		1,9561							
d.p.		0,3933			d.p.		0,3933							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		ESCORE Z MODIFICADO
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	200	lxi-xm1	zi <th colspan="2">300</th> <th>lxi-xm1</th> <th>zi <td>Teste</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </th>	300		lxi-xm1	zi <td>Teste</td> <td colspan="2"></td> <td></td>	Teste				
QUENTE	1	1,5123	0,875	1,16	Mantido	1	1,2146	1,4076	2,563	Mantido				
	2	1,9953	0,393	0,52	Mantido	2	1,3906	1,817	1,36	Mantido				
	3	2,0456	0,343	0,46	Mantido	3	2,4287	0,3695	0,675	Mantido				
	4	2,0825	0,306	0,41	Mantido	4	2,7368	0,0614	0,112	Mantido				
	5	2,3064	0,082	0,11	Mantido	5	2,7813	0,0169	0,031	Mantido				
	6	2,4702	0,082	0,11	Mantido	6	2,7982	0	0	Mantido				
	7	3,0039	0,622	0,83	Mantido	7	2,8643	0,0667	0,122	Mantido				
	8	3,0287	0,64	0,85	Mantido	8	3,214	0,4158	0,759	Mantido				
	9	3,1895	0,801	1,07	Mantido	9	3,231	0,4328	0,79	Mantido				
	10	3,2123	0,825	1,1	Mantido	10	3,5377	0,7395	1,459	Mantido				
MÉDIA		2,3683	0,507		MÉDIA		2,7362	0,3695						
d.p.		0,59341			d.p.		0,624858							
inc		0,18765			inc		0,208286							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		ESCORE Z MODIFICADO
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	400	lxi-xm1	zi <th colspan="2">300</th> <th>lxi-xm1</th> <th>zi <td>Teste</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </th>	300		lxi-xm1	zi <td>Teste</td> <td colspan="2"></td> <td></td>	Teste				
QUENTE	1	1,6713	0,2848	0,8154	Mantido	1	1,2146	1,4076	2,563	Mantido				
	2	1,7041	0,252	0,7215	Mantido	2	1,3906	1,817	1,36	Mantido				
	3	1,7205	0,2356	0,6745	Mantido	3	2,4287	0,3695	0,675	Mantido				
	4	1,8842	0,0719	0,2058	Mantido	4	2,7368	0,0614	0,112	Mantido				
	5	1,9561	0	0	Mantido	5	2,7813	0,0169	0,031	Mantido				
	6	1,9667	0,0106	0,0303	Mantido	6	2,7982	0	0	Mantido				
	7	1,969	0,0129	0,0369	Mantido	7	2,8643	0,0667	0,122	Mantido				
	8	2,4404	0,4843	1,3865	Mantido	8	3,214	0,4158	0,759	Mantido				
	9	2,8713	0,3158	2,6218	Mantido	9	3,231	0,4328	0,79	Mantido				
	10					10								
MÉDIA		1,9561	0,2356		MÉDIA		1,3614							
d.p.		0,3933			d.p.		0,3933							
inc		0,1313			inc		0,1313							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	500	Cálculo	0,53 <th colspan="2">600</th> <th>Cálculo</th> <th>0,53 <td>Mantido</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </th>	600		Cálculo	0,53 <td>Mantido</td> <td colspan="2"></td> <td></td>	Mantido				
QUENTE	1	1,4158				1	0,7667	0,2984	0,53	Mantido				
	2	1,9731				2	1,4585							
	3	2,0643				3	1,833							
	4	2,1573				4	1,9064							
	5	2,1585				5	2,1216							
	6	2,7509				6	2,183							
	7	2,8238				7	2,5819							
	8	2,8474				8	2,6333							
	9	2,8579	0,0119	0,53	Mantido	9	3,0854							
	10					10	3,2573	0,0356	0,53	Mantido				
MÉDIA		2,1585			MÉDIA		2,1523							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	500	Cálculo	1,36 <th colspan="2">600</th> <th>Cálculo</th> <th>1,36 <td>Mantido</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </th>	600		Cálculo	1,36 <td>Mantido</td> <td colspan="2"></td> <td></td>	Mantido				
QUENTE	1	1,4158	1,4618	1,36	Mantido	1	0,7667	1,8543	1,36	Mantido				
	2	1,9731	0,3643	1,36	Mantido	2	1,4585	0,3285	1,36	Mantido				
	3	2,0643	0,1842	1,36	Mantido	3	1,833	0,347	1,36	Mantido				
	4	2,1573	0,0024	1,36	Mantido	4	1,9064	0,3291	1,36	Mantido				
	5	2,1585	0	1,36	Mantido	5	2,1216	0,0411	1,36	Mantido				
	6	2,7509	1,166	1,36	Mantido	6	2,183	0,0411	1,36	Mantido				
	7	2,8238	1,3212	1,36	Mantido	7	2,5819	0,5749	1,36	Mantido				
	8	2,8474	1,3559	1,36	Mantido	8	2,6333	0,6437	1,36	Mantido				
	9	2,8579	1,3765	1,36	Mantido	9	3,0854	1,2487	1,36	Mantido				
	10					10	3,2573	1,4788	1,36	Mantido				
MÉDIA		2,1585			MÉDIA		2,1523							
d.p.		0,5081			d.p.		0,7472							

BLOCOS						TEMPERATURAS				dT-12 (tab)		TESTE		ESCORE Z MODIFICADO
RESFRIAMENTO		Nº C.P.												

-Blocos ensaiados Lento :

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	200	Cálculo		dT-12 (tab)		TESTE								
LENTO	1	1,4039	0,066	0,53	Mantido											
	2	1,4807														
	3	1,4347														
	4	1,5123														
	5	1,724														
	6	1,3216														
	7	2,0515														
	8	2,0515														
	9	2,4335														
	10	2,5034	0,013	0,53	Mantido											
MÉDIA		1,6228														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	300	Cálculo		dT-12 (tab)		TESTE								
LENTO	1	0,6357	0,2048	0,53	Mantido											
	2	1,0456														
	3	1,7544														
	4	2,0433														
	5	2,2304														
	6	2,3034														
	7	2,3193														
	8	2,6368														
	9	2,7421	0,0624	0,53	Mantido											
	10															
MÉDIA		2,2304														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	400	Cálculo		dT-12 (tab)		TESTE								
LENTO	1	0,8082	0,0106	0,53	Mantido											
	2	0,8257														
	3	1,4544														
	4	1,5784														
	5	1,6643														
	6	1,8187														
	7	1,9312														
	8	2,462														
	9	2,5047	0,0254	0,53	Mantido											
	10															
MÉDIA		1,6643														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT/s (tab)		TESTE		charvaet
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	200	Cálculo		dT/s (tab)		TESTE								
LENTO	1	1,4039	1,007	1,36	Mantido											
	2	1,4807	0,834	1,36	Mantido											
	3	1,4347	0,8	1,36	Mantido											
	4	1,5123	0,756	1,36	Mantido											
	5	1,724	0,241	1,36	Mantido											
	6	1,3216	0,241	1,36	Mantido											
	7	2,0515	0,558	1,36	Mantido											
	8	2,0515	0,558	1,36	Mantido											
	9	2,4335	1,626	1,36	Mantido											
	10	2,5034	1,674	1,36	Mantido											
MÉDIA		1,6228														
DES. PA		0,41012														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT/s (tab)		TESTE		charvaet
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	300	Cálculo		dT/s (tab)		TESTE								
LENTO	1	0,6357	2,2458	1,36	Exclui											
	2	1,0456	1,6685	1,36	Mantido											
	3	1,7544	0,6703	1,36	Mantido											
	4	2,0433	0,2635	1,36	Mantido											
	5	2,2304	0	1,36	Mantido											
	6	2,3034	0,113	1,36	Mantido											
	7	2,3193	0,126	1,36	Mantido											
	8	2,6368	0,5723	1,36	Mantido											
	9	2,7421	0,7215	1,36	Mantido											
	10															
MÉDIA		2,2304														
DES. PA		0,710031														
nova mé		2,2633														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT/s (tab)		TESTE		charvaet
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	400	Cálculo		dT/s (tab)		TESTE								
LENTO	1	0,8082	1,4076	1,36	Mantido											
	2	0,8257	1,3789	1,36	Mantido											
	3	1,4544	0,3451	1,36	Mantido											
	4	1,5784	0,1418	1,36	Mantido											
	5	1,6643	0	1,36	Mantido											
	6	1,8187	0,2539	1,36	Mantido											
	7	1,9312	0,5375	1,36	Mantido											
	8	2,462	1,3116	1,36	Mantido											
	9	2,5047	1,3518	1,36	Mantido											
	10															
MÉDIA		1,6643														
DES. PAD		0,6082														
MÉDIA 2		1,6643														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT/s (tab)		TESTE		ESCORE 2 MODIFICADO
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	200	ixi-xmi	zi	dT/s (tab)		TESTE								
LENTO	1	1,4039	0,413	0,87	Mantido											
	2	1,4807	0,342	0,72	Mantido											
	3	1,4347	0,328	0,63	Mantido											
	4	1,5123	0,31	0,66	Mantido											
	5	1,724	0,039	0,21	Mantido											
	6	1,3216	0,039	0,21	Mantido											
	7	2,0515	0,223	0,48	Mantido											
	8	2,0515	0,223	0,48	Mantido											
	9	2,4335	0,667	1,41	Mantido											
	10	2,5034	0,697	1,45	Mantido											
MÉDIA		1,6228	0,319													
d.p		0,41012														
inc		0,12369														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT/s (tab)		TESTE		ESCORE 2 MODIFICADO
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	300	ixi-xmi	zi	dT/s (tab)		TESTE								
LENTO	1	0,6357	1,2243	2,783	Mantido											
	2	1,0456	0,5155	1,172	Mantido											
	3	1,7544	0,2266	0,515	Mantido											
	4	2,0433	0,0335	0,03	Mantido											
	5	2,2304	0,0335	0,03	Mantido											
	6	2,3034	0,0335	0,03	Mantido											
	7	2,3193	0,05	0,114	Mantido											
	8	2,6368	0,3669	0,834	Mantido											
	9	2,7421	0,4728	1,075	Mantido											
	10															
MÉDIA		2,2633	0,2368													
d.p		0,533161														
inc		0,190622														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT/s (tab)		TESTE		ESCORE 2 MODIFICADO
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	400	ixi-xmi	zi	dT/s (tab)		TESTE								
LENTO	1	0,8082	0,8561	1,7664	Mantido											
	2	0,8257	0,8386	1,7303	Mantido											
	3	1,4544	0,2039	0,4331	Mantido											
	4	1,5784	0,0859	0,1772	Mantido											
	5	1,6643	0	0	Mantido											
	6	1,8187	0,1544	0,3186	Mantido											
	7	1,9312	0,3269	0,6745	Mantido											
	8	2,462	0,7977	1,6459	Mantido											
	9	2,5047	0,8404	1,734	Mantido											
	10															
MÉDIA		1,6643	0,3269													
d.p		0,6082														
inc		0,2027														

BLOCOS						TEMPERATURAS						dT-12 (tab)		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P.	500	Cálculo		dT-12 (tab)		TESTE								
LENTO	1	1,6236	0,3038	0,53	Mantido											
	2	1,8883														
	3	1,3251										</				

-Blocos ensaiados Brusco :

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	200	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,8263	0,14	0,53	Mantido								DIXON			
	2	1,0041														
	3	1,3322														
	4	1,4737														
	5	1,486														
	6	1,6246														
	7	1,838														
	8	1,9789														
	9	2,0912														
	10	2,2275	0,111	0,53	Mantido											
MÉDIA		1,5553														
d.p		0,45801														
inc		0,14483														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	300	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,376	0,1346	0,53	Mantido								DIXON			
	2	0,5965														
	3	0,931														
	4	0,9339														
	5	1,386														
	6	1,5462														
	7	1,6158														
	8	1,9263														
	9	2,014														
	10	2,489	0,251	0,53	Mantido											
MÉDIA		1,4661														
d.p		0,66966														
inc		0,21177														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	400	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,6222	0,0162	0,53	Mantido								DIXON			
	2	0,6403														
	3	0,8076														
	4	0,9538														
	5	0,9596														
	6	1,0468														
	7	1,3585														
	8	1,5427														
	9	1,6503														
	10	1,7503	0,0896	0,53	Mantido											
MÉDIA		1,0032														
d.p		0,4145														
inc		0,13111														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	200	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,8263	1,59	1,36	Mantido								DIXON			
	2	1,0041	1,203	1,36	Mantido											
	3	1,3322	0,487	1,36	Mantido											
	4	1,4737	0,178	1,36	Mantido											
	5	1,486	0,151	1,36	Mantido											
	6	1,6246	0,151	1,36	Mantido											
	7	1,838	0,617	1,36	Mantido											
	8	1,9789	0,925	1,36	Mantido											
	9	2,0912	1,17	1,36	Mantido											
	10	2,2275	1,468	1,36	Mantido											
MÉDIA		1,5553														
d.p		0,45801														
inc		0,14483														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	300	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,376	1,0301	1,378	Mantido								DIXON			
	2	0,5965	0,8696	1,039	Mantido											
	3	0,931	0,5351	0,676	Mantido											
	4	0,9339	0,5322	0,673	Mantido											
	5	1,386	0,0801	0,101	Mantido											
	6	1,5462	0,0801	0,101	Mantido											
	7	1,6158	0,1497	0,183	Mantido											
	8	1,9263	0,4602	0,582	Mantido											
	9	2,014	0,5479	0,693	Mantido											
	10	2,489	1,0229	1,293	Mantido											
MÉDIA		1,4661	0,5337													
d.p		0,66966														
inc		0,21177														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	400	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,6222	0,3191	1,36	Mantido								DIXON			
	2	0,6403	0,374	1,36	Mantido											
	3	0,8076	0,4719	1,36	Mantido											
	4	0,9538	0,1192	1,36	Mantido											
	5	0,9596	0,1052	1,36	Mantido											
	6	1,0468	0,1052	1,36	Mantido											
	7	1,3585	0,8371	1,36	Mantido											
	8	1,5427	1,3015	1,36	Mantido											
	9	1,6503	1,5625	1,36	Mantido											
	10	1,7503	1,8023	2,96	Mantido											
MÉDIA		1,0032														
d.p		0,4145														
inc		0,13111														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	200	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,8263	0,728	1,33	Mantido								DIXON			
	2	1,0041	0,551	1,05	Mantido											
	3	1,3322	0,223	0,43	Mantido											
	4	1,4737	0,082	0,16	Mantido											
	5	1,486	0,069	0,13	Mantido											
	6	1,6246	0,069	0,13	Mantido											
	7	1,838	0,283	0,54	Mantido											
	8	1,9789	0,424	0,81	Mantido											
	9	2,0912	0,536	1,02	Mantido											
	10	2,2275	0,672	1,28	Mantido											
MÉDIA		1,5553	0,353													
d.p		0,45801														
inc		0,14483														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	300	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,376	1,0301	1,378	Mantido								DIXON			
	2	0,5965	0,8696	1,039	Mantido											
	3	0,931	0,5351	0,676	Mantido											
	4	0,9339	0,5322	0,673	Mantido											
	5	1,386	0,0801	0,101	Mantido											
	6	1,5462	0,0801	0,101	Mantido											
	7	1,6158	0,1497	0,183	Mantido											
	8	1,9263	0,4602	0,582	Mantido											
	9	2,014	0,5479	0,693	Mantido											
	10	2,489	1,0229	1,293	Mantido											
MÉDIA		1,4661	0,5337													
d.p		0,66966														
inc		0,21177														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	400	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,6222	0,3191	1,36	Mantido								DIXON			
	2	0,6403	0,3623	0,681	Mantido											
	3	0,8076	0,1956	0,368	Mantido											
	4	0,9538	0,0434	0,093	Mantido											
	5	0,9596	0,0436	0,082	Mantido											
	6	1,0468	0,0436	0,082	Mantido											
	7	1,3585	0,3553	0,668	Mantido											
	8	1,5427	0,5395	1,014	Mantido											
	9	1,6503	0,6477	1,218	Mantido											
	10	1,7503	0,7471	1,404	Mantido											
MÉDIA		1,0032	0,3588													
d.p		0,4145														
inc		0,13111														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	500	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,2567	0,0086	0,5	Mantido								DIXON			
	2	0,2643														
	3	0,5924														
	4	0,6281														
	5	0,6485														
	6	1,0034														
	7	1,0117														
	8	1,183														
	9	1,2076														
	10	1,8336	0,4212	0,5	Mantido											
MÉDIA		0,829														
d.p		0,3642														
inc		0,1573														

BLOCOS						TEMPERATURAS						d7-12		TESTE		DIXON
RESFRIAMENTO		Nº C.P	600	Cálculo		d7-12 (tab)		TESTE				DIXON				
BRUSCO	1	0,3047	0,1406	0,53	Mantido								DIXON			
	2	0,5784														
	3	0,6971														

-Prismas ensaiados Quentes e Lento :

PRISMA	TEMPERATURAS				d3-7 (tab)	TESTE	DIXON
RESFRIAMENTO	N° C.P	200	Cálculo				
A QUENTE	1	1,222	0,217523	0,87	Mantido		
	2	1,294					
	3	1,475					
	4	1,553	0,235045	0,83	Mantido		
	MÉDIA	1,385					
BLOCOS							
RESFRIAMENTO	N° C.P	200	ki-xml	zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO	
A QUENTE	1	1,222	0,1626	0,87	Mantido		
	2	1,294	0,0906	0,48	Mantido		
	3	1,475	0,0906	0,48	Mantido		
	4	1,553	0,1684	0,9	Mantido		
	MÉDIA	1,385	0,1266				
	d.p	0,154					
	inc	0,077					

PRISMA	TEMPERATURAS				d3-7 (tab)	TESTE	DIXON
RESFRIAMENTO	N° C.P	500	Cálculo				
A QUENTE	1	0,4826	0,4616	0,83	Mantido		
	2	0,8205					
	3	1,0316					
	4	1,2146	0,25	0,83	Mantido		
	MÉDIA	0,9261					
BLOCOS							
RESFRIAMENTO	N° C.P	500	ki-xml	zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO	
A QUENTE	1	0,4826	0,4435	1,52	Mantido		
	2	0,8205	0,1056	0,36	Mantido		
	3	1,0316	0,1056	0,36	Mantido		
	4	1,2146	0,2886	0,99	Mantido		
	MÉDIA	0,9261	0,1971				
	d.p	0,3142					
	inc	0,1571					

PRISMA	TEMPERATURAS				d3-7 (tab)	TESTE	DIXON
RESFRIAMENTO	N° C.P	600	Cálculo				
A QUENTE	1	0,1363	0,2367	0,83	Mantido		
	2	0,2743					
	3	0,4211					
	4	0,7193	0,5115	0,83	Mantido		
	MÉDIA	0,3477					
BLOCOS							
RESFRIAMENTO	N° C.P	600	ki-xml	zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO	
A QUENTE	1	0,1363	0,2114	1	Mantido		
	2	0,2743	0,0734	0,35	Mantido		
	3	0,4211	0,0734	0,35	Mantido		
	4	0,7193	0,3716	1,78	Mantido		
	MÉDIA	0,3477	0,1424				
	d.p	0,2498					
	inc	0,1249					

PRISMA	TEMPERATURAS				d3-7 (tab)	TESTE	DIXON
RESFRIAMENTO	N° C.P	500	Cálculo				
LENTO	1	0,2181	0,1987	0,83	Mantido		
	2	0,3263					
	3	0,3819					
	4	0,7626	0,6992	0,83	Mantido		
	MÉDIA	0,3541					
BLOCOS							
RESFRIAMENTO	N° C.P	500	ki-xml	zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO	
LENTO	1	0,2181	0,136	1,12	Mantido		
	2	0,3263	0,0278	0,23	Mantido		
	3	0,3819	0,0278	0,23	Mantido		
	4	0,7626	0,4085	3,36	Mantido		
	MÉDIA	0,3541	0,0819				
	d.p	0,2369					
	inc	0,1184					

-Prismas ensaiado Brusco:

PRISMA						PRISMA						PRISMA								
RESFRIAMENTO		TEMPERATURAS		d/s	TESTE	RESFRIAMENTO		TEMPERATURAS		d/s	TESTE	RESFRIAMENTO		TEMPERATURAS		s (ta)	TESTE			
N° C.P	200	Cálculo	(tab)			N° C.P	300	Cálculo	(tab)			N° C.P	400	Cálculo	(ta)					
BRUSCO	1	0,493	0,193918	0,83	Mantido	BRUSCO	1	0,5789	0,6972	0,83	Mantido	BRUSCO	1	0,2357	0,296	0,8	Mantido			
	2	0,591					2	0,8105					2	0,3439						
	3	0,939					3	0,8509					3	0,483						
	4	0,999	0,118878	0,83	Mantido		4	0,9111	0,1812	0,83	Mantido		4	0,6012	0,3234	0,8	Mantido			
	MÉDIA	0,765					MÉDIA	0,8307					MÉDIA	0,4135						
BLOCOS						BLOCOS						BLOCOS								
RESFRIAMENTO		N° C.P	200	lxi-xml	zi	Teste	RESFRIAMENTO		N° C.P	300	lxi-xml	zi	Teste	RESFRIAMENTO		N° C.P	400	lxi-xml	zi	Teste
BRUSCO	1	0,493	0,2722	0,9	Mantido	BRUSCO	1	0,5789	0,2518	3,38	Mantido	BRUSCO	1	0,2357	0,1778	1	Mantido			
	2	0,591	0,174	0,58	Mantido		2	0,8105	0,0202	0,27	Mantido		2	0,3439	0,0696	0,4	Mantido			
	3	0,939	0,174	0,58	Mantido		3	0,8509	0,0202	0,27	Mantido		3	0,483	0,0696	0,4	Mantido			
	4	0,999	0,2342	0,77	Mantido		4	0,9111	0,0804	1,08	Mantido		4	0,6012	0,1878	1	Mantido			
	MÉDIA	0,765	0,2041				MÉDIA	0,8307	0,0503				MÉDIA	0,4135	0,1237					
d.p	0,251				d.p	0,1453				d.p	0,1597									
inc	0,126				inc	0,0727				inc	0,0798									

BLOCOS						BLOCOS						BLOCOS								
RESFRIAMENTO		N° C.P	500	lxi-xml	zi	Teste	RESFRIAMENTO		N° C.P	600	lxi-xml	zi	Teste	RESFRIAMENTO		N° C.P	500	lxi-xml	zi	Teste
LENTO	1	0,2181	0,136	1,12	Mantido	LENTO	1	0,0673	0,3263	1,28	Mantido	LENTO	1	0,3614	0,1271	0,83	Mantido			
	2	0,3263	0,0278	0,23	Mantido		2	0,3614	0,0322	0,13	Mantido		2	0,4257	0,0322	0,13	Mantido			
	3	0,3819	0,0278	0,23	Mantido		3	0,4257	0,0322	0,13	Mantido		3	0,7041	0,3106	1,22	Mantido			
	4	0,7626	0,4085	3,36	Mantido		4	0,7041	0,3106	1,22	Mantido		MÉDIA	0,3936	0,1714					
	MÉDIA	0,3541	0,0819				MÉDIA	0,3936	0,1714				d.p	0,2613						
d.p	0,2369				d.p	0,2613				inc	0,1307									
inc	0,1184				inc	0,1307														
PRISMA						PRISMA						PRISMA								
RESFRIAMENTO		TEMPERATURAS		d/s (tab)	TESTE	RESFRIAMENTO		TEMPERATURAS		d/s (tab)	TESTE	RESFRIAMENTO		TEMPERATURAS		d/s (tab)	TESTE			
N° C.P	500	Cálculo				N° C.P	600	Cálculo				N° C.P	500	Cálculo						
BRUSCO	1	0,1561	0,0432	0,83	Mantido	BRUSCO	1	0,3614	0,1271	0,83	Mantido	BRUSCO	1	0,3614	0,2035	0,8	Mantido			
	2	0,1708					2	0,4257					2	0,4257	0,1392	0,55	Mantido			
	3	0,3339					3	0,7041					3	0,7041	0,1392	0,55	Mantido			
	4	0,4965	0,4777	0,83	Mantido		4	0,8673	0,3226	0,83	Mantido		4	0,8673	0,3024	1,19	Mantido			
	MÉDIA	0,2524					MÉDIA	0,5649					MÉDIA	0,5649	0,1714					
BLOCOS						BLOCOS						BLOCOS								
RESFRIAMENTO		N° C.P	500	lxi-xml	zi	Teste	RESFRIAMENTO		N° C.P	600	lxi-xml	zi	Teste	RESFRIAMENTO		N° C.P	500	lxi-xml	zi	Teste
BRUSCO	1	0,1561	0,0363	0,73	Mantido	BRUSCO	1	0,3614	0,2035	0,8	Mantido	BRUSCO	1	0,3614	0,2035	0,8	Mantido			
	2	0,1708	0,0816	0,62	Mantido		2	0,4257	0,1392	0,55	Mantido		2	0,4257	0,1392	0,55	Mantido			
	3	0,3339	0,0816	0,62	Mantido		3	0,7041	0,1392	0,55	Mantido		3	0,7041	0,1392	0,55	Mantido			
	4	0,4965	0,2442	1,85	Mantido		4	0,8673	0,3024	1,19	Mantido		4	0,8673	0,3024	1,19	Mantido			
	MÉDIA	0,2524	0,0889				MÉDIA	0,5649	0,1714				MÉDIA	0,5649	0,1714					
d.p	0,1599				d.p	0,2375				d.p	0,2375									
inc	0,08				inc	0,1187				inc	0,1187									

• **Módulo de Elasticidade**

-Blocos ensaiados a Quente :

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
200	N.C.P	RESULTADOS	Cálculo					
QUENTE	1	4767		0,19108	0,53	Mantido		
	2	4827						
	3	4871						
	4	4894						
	5	5027						
	6	5043						
	7	5046						
	8	5067						
	9	5081						
	10	5085	0,0155	0,53	Mantido			

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
300	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4698		0,51233	0,53	Mantido		
	2	4885						
	3	4890						
	4	5008						
	5	5026						
	6	5047						
	7	5056						
	8	5062						
	9	5063						
	10	5068	0,02732	0,53	Mantido			

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
400	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4776		0,71728	0,53	Exclui		
	2	5050						
	3	5062						
	4	5083						
	5	5090						
	6	5091						
	7	5097						
	8	5110						
	9	5158						
	10	5213	0,33742	0,53	Mantido			

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
200	N.C.P	RESULTADOS	Cálculo					
QUENTE	1	4767		2,2602	1,96	Exclui		
	2	4827	1,75418	1,96	Mantido			
	3	4871	1,38311	1,96	Mantido			
	4	4894	1,18913	1,96	Mantido			
	5	5027	0,06747	1,96	Mantido			
	6	5043	0,06747	1,96	Mantido			
	7	5046	0,09277	1,96	Mantido			
	8	5067	0,26987	1,96	Mantido			
	9	5081	0,38794	1,96	Mantido			
	10	5085	0,42168	1,96	Mantido			
media 1		5035						
des.p		118,5737464						
media 2		5043						
des.p		100,2423452						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
300	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4698		2,8039	1,96	Exclui		
	2	4885	1,25492	1,96	Mantido			
	3	4890	1,2135	1,96	Mantido			
	4	5008	0,23607	1,96	Mantido			
	5	5026	0,08697	1,96	Mantido			
	6	5047	0,08697	1,96	Mantido			
	7	5056	0,16152	1,96	Mantido			
	8	5062	0,21122	1,96	Mantido			
	9	5063	0,21951	1,96	Mantido			
	10	5068	0,26092	1,96	Mantido			
media 1		5036,5						
des.p		120,725						
media 2		5047						
des.p		72,9914						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
400	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1							
	2	5050	0,81328	1,96	Mantido			
	3	5062	0,57525	1,96	Mantido			
	4	5083	0,15869	1,96	Mantido			
	5	5090	0,01984	1,96	Mantido			
	6	5091	0	1,96	Mantido			
	7	5097	0,11902	1,96	Mantido			
	8	5110	0,37688	1,96	Mantido			
	9	5158	1,32901	1,96	Mantido			
	10	5213	2,42	1,96	Exclui			
media 1		5091						
des.p		50,4133						
media 2		5090,5						
des.p		32,6275						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
200	N.C.P	RESULTADOS	lxi-xm1					
QUENTE	1				0	Mantido		
	2	4827	216	3,834	Exclui			
	3	4871	172	3,053	Mantido			
	4	4894	149	2,645	Mantido			
	5	5027	16	0,284	Mantido			
	6	5043	0	0	Mantido			
	7	5046	3	0,053	Mantido			
	8	5067	24	0,426	Mantido			
	9	5081	38	0,675	Mantido			
	10	5085	42	0,746	Mantido			
MEDIA 1		5043		38				
MEDIA 2		5044,5						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
300	N.C.P	RESULT	lxi-xm1					
QUENTE	1							
	2	4885	162	5,2	Exclui			
	3	4890	157	5,04	Exclui			
	4	5008	39	1,25	Mantido			
	5	5026	21	0,67	Mantido			
	6	5047	0	0	Mantido			
	7	5056	9	0,29	Mantido			
	8	5062	15	0,48	Mantido			
	9	5063	16	0,51	Mantido			
	10	5068	21	0,67	Mantido			
MEDIA 1		5047		21				
MEDIA 2		5051,5						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
400	N.C.P	RESULT	lxi-xm1					
QUENTE	1							
	2	5050	40,5	2,02	Mantido			
	3	5062	28,5	1,42	Mantido			
	4	5083	7,5	0,37	Mantido			
	5	5090	0,5	0,02	Mantido			
	6	5091	0,5	0,02	Mantido			
	7	5097	6,5	0,32	Mantido			
	8	5110	19,5	0,97	Mantido			
	9	5158	67,5	3,37	Mantido			
	10							
MEDIA 1		5090,5		13,5				

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
500	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4797		0,03505	0,53	Mantido		
	2	4814						
	3	4849						
	4	5078						
	5	5080						
	6	5089						
	7	5090						
	8	5228						
	9	5282						
	10	5702	0,47297	0,53	Mantido			

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
600	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4881		0,40173	0,53	Mantido		
	2	5020						
	3	5045						
	4	5070						
	5	5084						
	6	5085						
	7	5103						
	8	5118						
	9	5227						
	10	5341	0,35514	0,53	Mantido			

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
500	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4797		1,07012	1,96	Mantido		
	2	4814	1,00634	1,96	Mantido			
	3	4849	0,37657	1,96	Mantido			
	4	5078	0,02419	1,96	Mantido			
	5	5080	0,01675	1,96	Mantido			
	6	5089	0,01675	1,96	Mantido			
	7	5090	0,02047	1,96	Mantido			
	8	5228	0,53413	1,96	Mantido			
	9	5282	0,73512	1,96	Mantido			
	10	5702	2,29842	1,96	Exclui			
media 1		5084,5						
des.p		268,662						
media 2		5080						
des.p		261,486						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
600	N.C.P	RESULT	Cálculo					
QUENTE	1	4881		1,67249	1,96	Mantido		
	2	5020	0,5301	1,96	Mantido			
	3	5045	0,32484	1,96	Mantido			
	4	5070	0,11317	1,96	Mantido			
	5	5084	0,00411	1,96	Mantido			
	6	5085	0,00411	1,96	Mantido			
	7	5103	0,15204	1,96	Mantido			
	8	5118	0,27532	1,96	Mantido			
	9	5227	1,17116	1,96	Mantido			
	10	5341	2,10808	1,96	Exclui			
media 1		5084,5						
des.p		121,675						
media 2		5084						
des.p		100,754						

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
500	N.C.P	RESULT	lxi-xm1					
QUENTE	1	4797	283	1,29	Mantido			
	2	4814	266	1,212	Mantido			
	3	4849	231	1,053	Mantido			
	4	5078	2	0,009	Mantido			
	5	5080	0	0	Mantido			
	6	5089	9	0,041	Mantido			
	7	5090	10	0,046	Mantido			
	8	5228	148	0,675	Mantido			
	9	5282	202	0,921	Mantido			
	10							
MEDIA 1		5080		148				

MÓDULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
600	N.C.P	RESULT	lxi-xm1					
QUENTE	1	4881	203	4,03	Exclui			
	2	5020	84	1,27	Mantido			
	3	5045	39	0,77	Mantido			
	4	5070	14	0,28	Mantido			
	5	5084	0	0	Mantido			
	6	5085	1	0,02	Mantido			
	7	5103	19	0,38	Mantido			
	8	5118	34	0,67	Mantido			
	9	5227	143	2,84	Mantido			
	10							
MEDIA 1		5084		34				
MEDIA 2		5084,5						

-Blocos ensaiados Lento:

MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)							
200	N.C.P	RESULTADOS	Cálculo	d7-12 (tab)	TESTE	300	N.C.P	RESULT	Cálculo	d7-12 (tab)	TESTE	400	N.C.P	RESULT	Cálculo	d7-12 (tab)	TESTE		
LENTO	1	5050	0,1049	0,53	Mantido	LENTO	1	4820	0,28249	0,53	Mantido	LENTO	1	4672	0,83186	0,53	Exclui		
	2	5065	0,57461	1,96	Mantido		2	4920						2	5048				
	3	5071						3	5045						3	5079			
	4	5079						4	5062						4	5088			
	5	5094						5	5116						5	5096			
	6	5140						6	5133						6	5098			
	7	5193						7	5157						7	5100			
	8	54948	0,99743	0,53	Exclui		8	5174						8	5124				
	9							9	5285	0,30411	0,53		Mantido	9	5284	0,67797	0,53	Exclui	
	10							10							10				
DIXON						DIXON						DIXON							

MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)					
200	N.C.P	RESULTADOS	Cálculo	d/s (tab)	TESTE	300	N.C.P	RESULT	Cálculo	d/s (tab)	TESTE	400	N.C.P	RESULT	Cálculo	d/s (tab)	TESTE
LENTO	1	5050	0,57461	1,96	Mantido	LENTO	1	4820	2,12217	1,96	Exclui	LENTO	1	5048	2,06441	1,96	Exclui
	2	5065	0,2774	1,96	Mantido		2	4920	1,40522	1,96	Mantido		2	5079	0,73114	1,96	Mantido
	3	5071	0,15851	1,96	Mantido		3	5045	0,50903	1,96	Mantido		3	5088	0,34407	1,96	Mantido
	4	5079	0	1,96	Mantido		4	5062	0,38715	1,96	Mantido		4	5096	0	1,96	Mantido
	5	5094	0,29721	1,96	Mantido		5	5116	0	1,96	Mantido		5	5098	0,08602	1,96	Mantido
	6	5140	1,20866	1,96	Mantido		6	5133	0,12188	1,96	Mantido		6	5100	0,17203	1,96	Mantido
	7	5193	2,2588	1,96	Exclui		7	5157	0,29395	1,96	Mantido		7	5124	1,20424	1,96	Mantido
	8						8	5174	0,41583	1,96	Mantido		8				
	9						9	5285	1,21165	1,96	Mantido		9				
	10						10										
media 1		5079			media 1	5116					media 1	5096					
des.p		50,46922683			des.p	139,48					des.p	23,2512					
media 2		5075			media 2	5124,5					media 2	5097					
des.p		31,44148003			des.p	106,975					des.p	15,1228					
chauenet						chauenet						chauenet					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						
200	N.C.P	RESULTADOS	ksi-xm	zi	Teste	300	N.C.P	RESULT	ksi-xm	zi	Teste	400	N.C.P	RESULT	ksi-xm	zi	Teste	
LENTO	1	5050	25	1,163	Mantido	LENTO	1	4820	204,5	2,46	Mantido	LENTO	1	5048	18	2,02	Mantido	
	2	5065	10	0,465	Mantido		2	4920	79,5	0,96	Mantido		2	5079	9	1,01	Mantido	
	3	5071	4	0,186	Mantido		3	5045	62,5	0,75	Mantido		3	5088	1	0,11	Mantido	
	4	5079	4	0,186	Mantido		4	5062	8,5	0,1	Mantido		4	5096	1	0,11	Mantido	
	5	5094	19	0,884	Mantido		5	5116	8,5	0,1	Mantido		5	5098	1	0,11	Mantido	
	6	5140	65	3,024	Mantido		6	5133	32,5	0,39	Mantido		6	5100	3	0,34	Mantido	
	7						7	5157	49,5	0,6	Mantido		7	5124	27	3,04	Mantido	
	8						8	5174	160,5	1,93	Mantido		8					
	9						9	5285						9				
	10						10							10				
MEDIA 1		5075	14,5		MEDIA 1	5124,5	56				MEDIA 1	5097	6					
ESCORE Z MODIFICADO						ESCORE Z MODIFICADO						ESCORE Z MODIFICADO						

MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)							
500	N.C.P	RESULT	Cálculo	d7-12 (tab)	TESTE	600	N.C.P	RESULT	Cálculo	d7-12 (tab)	TESTE	600	N.C.P	RESULT	Cálculo	d/s (tab)	TESTE		
LENTO	1	4819	0,01873	0,53	Mantido	LENTO	1	4847	0,13919	0,53	Mantido	LENTO	1	4847	2,13757	1,96	Exclui		
	2	4824					2	4885						2	4885	1,74705	1,96	Mantido	
	3	4932						3	4986						3	4986	0,7091	1,96	Mantido
	4	5045						4	5045						4	5045	0,10277	1,96	Mantido
	5	5046						5	5055						5	5055	0	1,96	Mantido
	6	5060						6	5082						6	5082	0,27747	1,96	Mantido
	7	5075						7	5084						7	5084	0,29803	1,96	Mantido
	8	5079						8	5102						8	5102	0,48301	1,96	Mantido
	9	5086						9	5120						9	5120	0,66799	1,96	Mantido
	10	5088	0,00758	0,53	Mantido		10	5415	0,5566	0,53	Exclui		10						
DIXON						DIXON						DIXON							

MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)					
500	N.C.P	RESULT	Cálculo	d/s (tab)	TESTE	600	N.C.P	RESULT	Cálculo	d/s (tab)	TESTE	600	N.C.P	RESULT	Cálculo	d/s (tab)	TESTE
LENTO	1	4819	2,1893	1,96	Exclui	LENTO	1	4847	2,13757	1,96	Exclui	LENTO	1	5055	76,4805		
	2	4824	2,14252	1,96	Exclui		2	4885	1,74705	1,96	Mantido		2	5082	0,27747	1,96	Mantido
	3	4932	1,13208	1,96	Mantido		3	4986	0,7091	1,96	Mantido		3	5084	0,29803	1,96	Mantido
	4	5045	0,07485	1,96	Mantido		4	5045	0,10277	1,96	Mantido		4	5102	0,48301	1,96	Mantido
	5	5046	0,06549	1,96	Mantido		5	5055	0	1,96	Mantido		5	5120	0,66799	1,96	Mantido
	6	5060	0,06549	1,96	Mantido		6	5082	0,27747	1,96	Mantido		6				
	7	5075	0,20583	1,96	Mantido		7	5084	0,29803	1,96	Mantido		7				
	8	5079	0,24326	1,96	Mantido		8	5102	0,48301	1,96	Mantido		8				
	9	5086	0,30875	1,96	Mantido		9	5120	0,66799	1,96	Mantido		9				
	10	5088	0,32748	1,96	Mantido		10										
media 1		5053			media 1	5055					media 1	5055					
des.p		106,883			des.p	97,3068					des.p	97,3068					
media 2		5067,5			media 2	5068,5					media 2	5068,5					
des.p		51,0684			des.p	76,4805					des.p	76,4805					
chauenet						chauenet						chauenet					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)						MODULO DE ELASTICIDADE (N/MM²)					
500	N.C.P	RESULT	ksi-xm	zi	Teste	600	N.C.P	RESULT	ksi-xm	zi	Teste	600	N.C.P	RESULT	ksi-xm	zi	Teste
LENTO	1	4819	135,5	4,687	Exclui	LENTO	1	4847	183,5	4,34	Exclui	LENTO	1	4847	183,5	4,34	Exclui
	2	4824	22,5	0,773	Mantido		2	4885	82,5	1,95	Mantido		2	4885	82,5	1,95	Mantido
	3	4932	7,5	0,253	Mantido		3	4986	23,5	0,56	Mantido		3	4986	23,5	0,56	Mantido
	4	5045	21,5	0,744	Mantido		4	5045	13,5	0,32	Mantido		4	5045	13,5	0,32	Mantido
	5	5046	7,5	0,253	Mantido		5	5055	13,5	0,32	Mantido		5	5055	13,5	0,32	Mantido
	6	5060	7,5	0,253	Mantido		6	5082	15,5	0,37	Mantido		6	5082	15,5	0,37	Mantido
	7	5075	11,5	0,393	Mantido		7	5084	33,5	0,79	Mantido		7	5084	33,5	0,79	Mantido
	8	5079	18,5	0,64	Mantido		8	5102	51,5	1,22	Mantido		8	5102	51,5	1,22	Mantido
	9	5086	20,5	0,703	Mantido		9	5120					9	5120			
	10	5088					10										
MEDIA 1		5067,5	19,5		MEDIA 1	5068,5	28,5				MEDIA 1	5068,5	28,5				
MEDIA 2		5075			MEDIA 2	5082					MEDIA 2	5082					
ESCORE Z MODIFICADO						ESCORE Z MODIFICADO						ESCORE Z MODIFICADO					

-Blocos ensaiados Brusco:

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
200	N.C.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	4926	2,60384	1,96	Mantido			
	2	4950						
	3	4995						
	4	5000						
	5	5004						
	6	5004						
	7	5005						
	8	5007						
	9	5011						
	10	5021	0,14085	0,53	Mantido			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
300	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4979	0,03846	0,53	Mantido			
	2	4983						
	3	4999						
	4	5008						
	5	5015						
	6	5016						
	7	5027						
	8	5029						
	9	5083						
	10	26531	0,99536	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
400	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4636	0,64266	0,53	Exclui			
	2	4947						
	3	4982						
	4	4984						
	5	4989						
	6	5045						
	7	5056						
	8	5096						
	9	5120						
	10	5327	0,54474	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
200	N.C.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	4926	2,60384	1,96	Exclui			
	2	4950	1,80266	1,96	Mantido			
	3	4995	0,30044	1,96	Mantido			
	4	5000	0,13353	1,96	Mantido			
	5	5004	0	1,96	Mantido			
	6	5004	0	1,96	Mantido			
	7	5005	0,03338	1,96	Mantido			
	8	5007	0,10015	1,96	Mantido			
	9	5011	0,23368	1,96	Mantido			
	10	5021	0,5675	1,96	Mantido			
media 1		5004						
des.p		29,95570804						
media 2		5004						
des.p		19,97498436						

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
300	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4979	1,1689	1,96	Mantido			
	2	4983	1,03902	1,96	Mantido			
	3	4999	0,51951	1,96	Mantido			
	4	5008	0,22729	1,96	Mantido			
	5	5015	0	1,96	Mantido			
	6	5016	0,03247	1,96	Mantido			
	7	5027	0,38963	1,96	Mantido			
	8	5029	0,45457	1,96	Mantido			
	9	5083	2,20792	1,96	Exclui			
	10							
media 1		5015						
des.p		30,7982						
media 2		5011,5						
des.p		18,7236						

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
400	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4947	0,851	1,96	Mantido			
	2	4982	0,54707	1,96	Mantido			
	3	4984	0,5297	1,96	Mantido			
	4	4989	0,48629	1,96	Mantido			
	5	5045	0	1,96	Mantido			
	6	5056	0,09552	1,96	Mantido			
	7	5096	0,44287	1,96	Mantido			
	8	5120	0,65128	1,96	Mantido			
	9	5327	2,4488	1,96	Exclui			
	10							
media 1		5045						
des.p		115,159						
media 2		5017						
des.p		61,2861						

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
200	N.C.P	RESULTADOS	lxi-xmli					
BRUSCO	1	4950	54	3,106	Exclui			
	2	4995	9	1,518	Mantido			
	3	5000	4	0,675	Mantido			
	4	5004	0	0	Mantido			
	5	5004	0	0	Mantido			
	6	5005	1	0,169	Mantido			
	7	5007	3	0,506	Mantido			
	8	5011	7	1,18	Mantido			
	9	5021	17	2,867	Mantido			
	10							
MEDIA 1		5004	4					
MEDIA 2		5004,5						

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
300	N.C.P	RESULT	lxi-xmli					
BRUSCO	1	4979	32,5	1,57	Mantido			
	2	4983	28,5	1,37	Mantido			
	3	4999	12,5	0,6	Mantido			
	4	5008	3,5	0,17	Mantido			
	5	5015	3,5	0,17	Mantido			
	6	5016	4,5	0,22	Mantido			
	7	5027	15,5	0,75	Mantido			
	8	5029	17,5	0,84	Mantido			
	9							
	10							
MEDIA 1		5011,5	14					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
400	N.C.P	RESULT	lxi-xmli					
BRUSCO	1	4947	70	1,28	Mantido			
	2	4982	35	0,64	Mantido			
	3	4984	33	0,6	Mantido			
	4	4989	28	0,51	Mantido			
	5	5045	28	0,51	Mantido			
	6	5056	28	0,51	Mantido			
	7	5096	39	0,71	Mantido			
	8	5120	79	1,44	Mantido			
	9	5327	103	1,88	Mantido			
	10							
MEDIA 1		5017	37					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
500	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4460	0,68421	0,53	Exclui			
	2	4915						
	3	4989						
	4	5000						
	5	5015						
	6	5042						
	7	5046						
	8	5084						
	9	5125						
	10	5226	0,32476	0,53	Mantido			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
600	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4835	0,37705	0,53	Mantido			
	2	4973						
	3	4991						
	4	4997						
	5	5010						
	6	5028						
	7	5039						
	8	5048						
	9	5201						
	10	5763	0,71139	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d/s (tab)	TESTE	chauenet
500	N.C.P	RESULT	Cálculo					
BRUSCO	1	4915	1,42547	1,96	Mantido			
	2	4989	0,59488	1,96	Mantido			
	3	5000	0,47142	1,96	Mantido			
	4	5015	0,30305	1,96	Mantido			
	5	5042	0	1,96	Mantido			
	6	5046	0,0449	1,96	Mantido			
	7	5084	0,47142	1,96	Mantido			
	8	5125	0,93161	1,96	Mantido			
	9	5226	2,06525	1,96	Exclui			
	10							
media 1		5042						
des.p		89,0933						
media 2		5028,5						
des.p		63,5835						

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
500	N.C.P	RESULT	lxi-xmli					
BRUSCO	1	4915	113,5	2,252	Mantido			
	2	4989	39,5	0,784	Mantido			
	3	5000	28,5	0,565	Mantido			
	4	5015	13,5	0,268	Mantido			
	5	5042	13,5	0,268	Mantido			
	6	5046	17,5	0,347	Mantido			
	7	5084	55,5	1,101	Mantido			
	8	5125	96,5	1,914	Mantido			
	9							
	10							
MEDIA 1		5028,5	34					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCORE Z MODIFICADO
600	N.C.P	RESULT	lxi-xmli					
BRUSCO	1	4835	168,5	4,13	Exclui			
	2	4973	30,5	0,75	Mantido			
	3	4991	12,5	0,31	Mantido			
	4	4997	6,5	0,16	Mantido			
	5	5010	6,5	0,16	Mantido			
	6	5028	24,5	0,6	Mantido			
	7	5039	35,5	0,87	Mantido			
	8	5048	44,5	1,09	Mantido			
	9							
	10							
MEDIA 1		5003,5	27,5					
MEDIA 2		5010						

-Prismas ensaiados Quentes e Lento :

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
200	N.C.P	RESULTAD OS	Cálculo					
QUENTE	1	4863	0,6975	0,53	Exclui			
	2	4946						
	3	4982						
	4	4984	0,0526	0,53	Mantido			
MÉDIA 1						4982		
MÉDIA 2						4983		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
300	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
QUENTE	1	4945	0,3855	0,53	Mantido			
	2	4977						
	3	5028						
	4	5518	0,9057	0,53	Exclui			
MÉDIA 1						4977		
MÉDIA 2						32		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
400	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
QUENTE	1	5006	0,3636	0,53	Mantido			
	2	5014						
	3	5028	1	0,53	Exclui			
	4							
MÉDIA 1						5010		
MÉDIA 2						4		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
200	N.C.P	RESULTAD OS	Cálculo					
LENTO	1	5013	0,1227	0,53	Mantido			
	2	5033						
	3	5176						
	4	5222	0,2434	0,53	Mantido			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
300	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
LENTO	1	4981	0,8824	0,53	Exclui			
	2	5011						
	3	5015						
	4	5373	0,989	0,53	Exclui			
MÉDIA 1						5013		
MÉDIA 2						2		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
400	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
LENTO	1	4693	0,8571	0,53	Exclui			
	2	4897						
	3	4931						
	4	5288	0,913	0,53	Exclui			
MÉDIA 1						4897		
MÉDIA 2						4914		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
200	N.C.P	RESULTAD OS	Cálculo					
QUENTE	1	4874	0,7152	0,53	Exclui			
	2	4982						
	3	5025	1	0,53	Exclui			
	4							

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
500	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
QUENTE	1	4962	0,193	0,53	Mantido			
	2	5050						
	3	5418						
	4	5374	0,6017	0,53	Exclui			
MÉDIA 1						5050		
MÉDIA 2						88		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
500	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
LENTO	1	4962	88	0,675	Mantido			
	2	5050	0	0	Mantido			
	3	5418	368	2,821	Mantido			
	4							
MÉDIA 1						5050		
MÉDIA 2						88		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
500	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
QUENTE	1	4966	0,8846	0,53	Exclui			
	2	5012						
	3	5018						
	4	5019	0,1429	0,53	Mantido			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
600	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
QUENTE	1	5012	6	4,05	Exclui			
	2	5018	0	0	Mantido			
	3	5018						
	4	5019	1	0,67	Mantido			
MÉDIA 1						5018		
MÉDIA 2						5018,5		

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
600	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
LENTO	1	4535	0,935	0,53	Exclui			
	2	5082						
	3	5120						
	4	5264	0,7912	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
600	N.C.P	RESULT ADOS	Cálculo					
LENTO	1	4962	19	0,67	Mantido			
	2	5082	19	0,67	Mantido			
	3	5120	19	0,67	Mantido			
	4							
MÉDIA 1						5101		
MÉDIA 2						19		

-Prismas ensaiados Brusco:

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
200	NC.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	4877	0,8103	0,53	Exclui			
	2	5018						
	3	5051						
	4	5143	0,7481	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
300	NC.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	5012	0,806	0,53	Exclui			
	2	5066						
	3	5079						
	4	5124	0,7759	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
400	NC.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	4986	0,5863	0,53	Exclui			
	2	5686						
	3	6180						
	4	6576	0,4443	0,53	Mantido			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCOREZ MODIFICADO
200	NC.P	RESULTADOS	ki-xml					
BRUSCO	1							
	2	5018	16,5	0,675	Mantido			
	3	5051	16,5	0,675	Mantido			
	4							
	MÉDIA 1	5034,5	16,5					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCOREZ MODIFICADO
300	NC.P	RESULTADOS	ki-xml					
BRUSCO	1							
	2	5066	6,5	0,675	Mantido			
	3	5079	6,5	0,675	Mantido			
	4							
	MÉDIA 1	5072,5	6,5					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCOREZ MODIFICADO
400	NC.P	RESULTADOS	ki-xml					
BRUSCO	1							
	2	5686	494	0,841	Mantido			
	3	6180	0	0	Mantido			
	4	6576	396	0,675	Mantido			
	MÉDIA 1	6180	396					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
500	NC.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	5751	0,6005	0,53	Exclui			
	2	6806						
	3	7508						
	4	8421	0,5653	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						d7-12 (tab)	TESTE	DIXON
600	NC.P	RESULTADOS	Cálculo					
BRUSCO	1	2590	0,9883	0,53	Exclui			
	2	5457						
	3	5491						
	4	5955	0,9317	0,53	Exclui			

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCOREZ MODIFICADO
500	NC.P	RESULTADOS	ki-xml					
BRUSCO	1							
	2	6806	351	0,675	Mantido			
	3	7508	351	0,675	Mantido			
	4							
	MÉDIA 1	7157	351					

MODULO DE ELASTICIDADE (N/M ²)						zi	Teste	ESCOREZ MODIFICADO
600	NC.P	RESULTADOS	ki-xml					
BRUSCO	1							
	2	5457	17	0,67	Mantido			
	3	5491	17	0,67	Mantido			
	4							
	MÉDIA 1	5474	17					

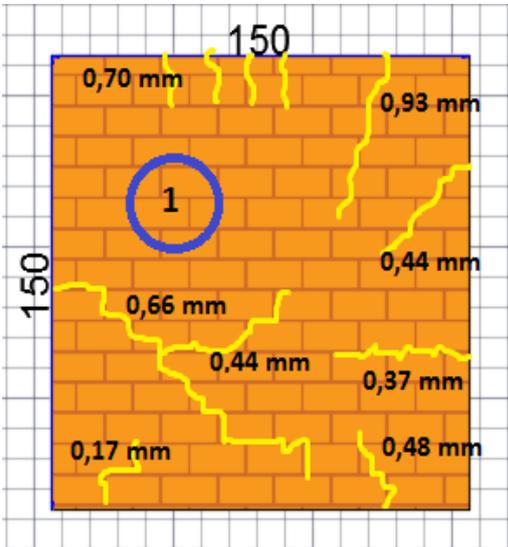
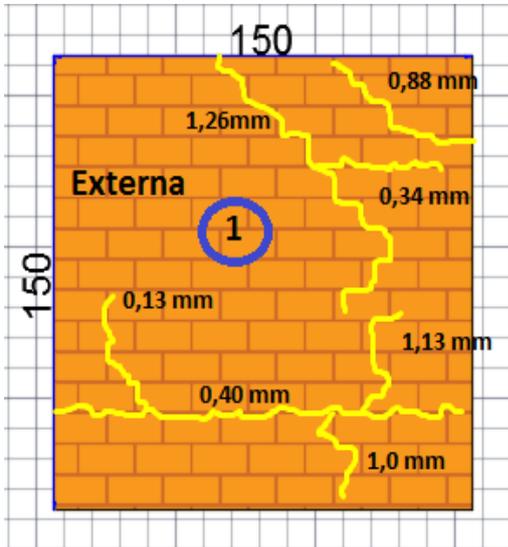
APÊNDICE K- ANÁLISE DAS FISSURAS E EFICIÊNCIA

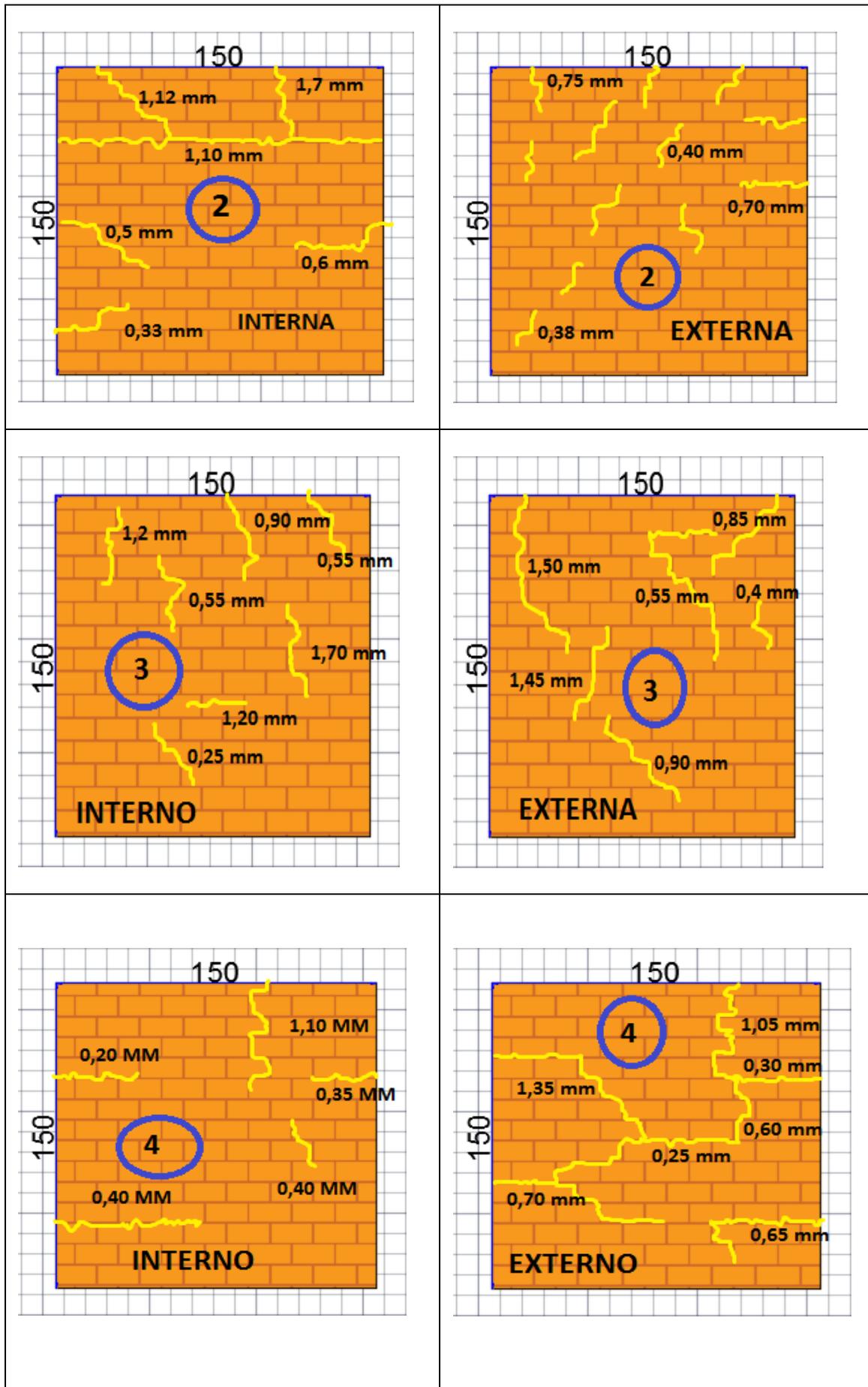
Análise das Fissuras

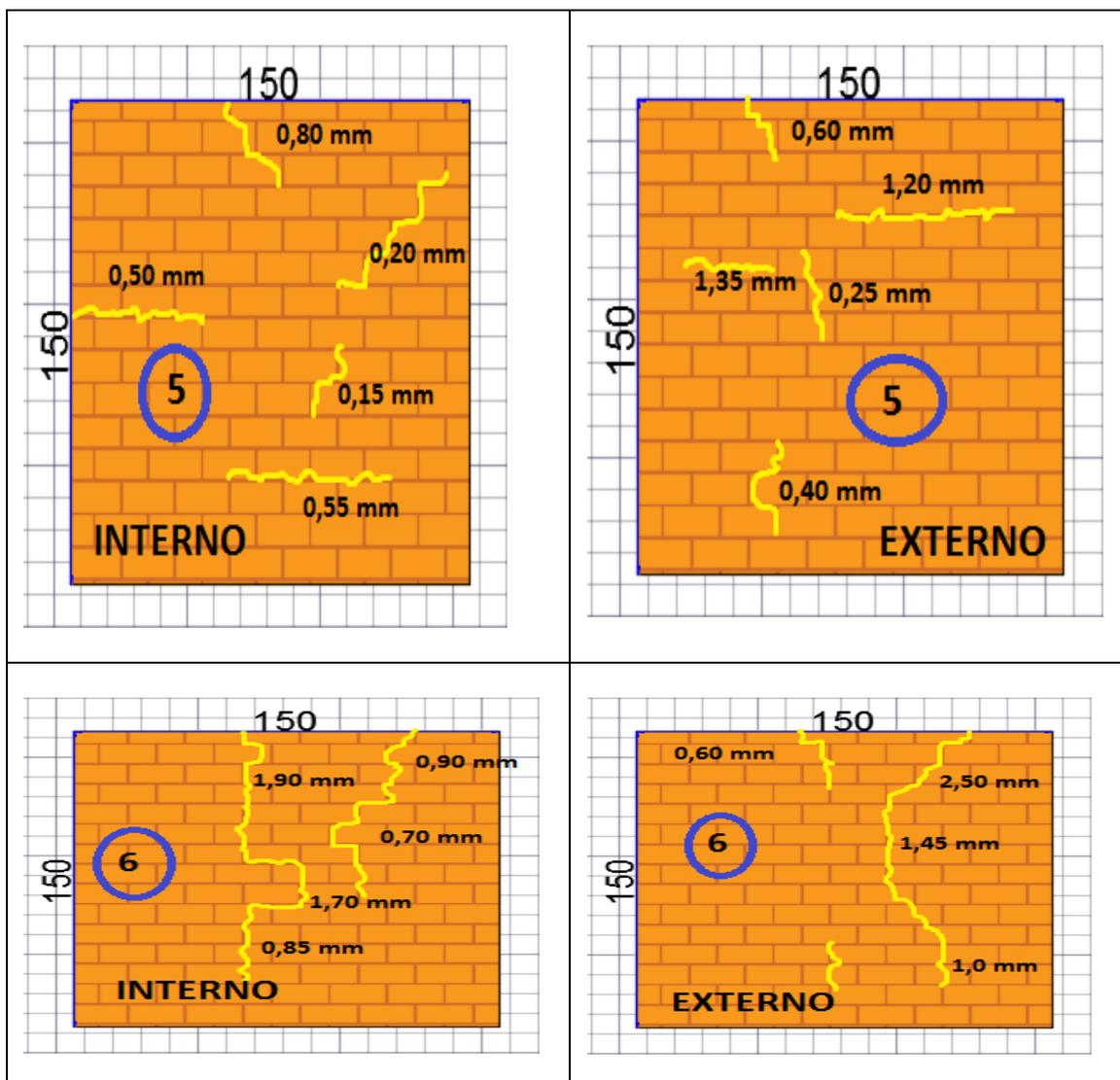
Como forma de analisar a estrutura física das paredes, após o processo de aquecimento foram medidas e analisadas as fissuras ocasionadas, nas superfícies das paredes internas (exposta ao fogo) e nas paredes externas (oposta ao fogo). As micro-fissuras são patologias essenciais na estrutura física da alvenaria, uma vez que, a depender das espessuras das mesmas, poderá comprometer na resistência das paredes, assim como facilitar transmissão de calor de um ambiente para o outro. Por isso a necessidade de saber o grau de degradação que o fogo impõe nas alvenarias, quando submetida a elevadas temperaturas.

Na tabela 37, foi esboçado os layouts, das paredes internas e externas, com suas principais fissuras, observadas a olho nu e medidas, logo após cada ensaio.

Tabela 37- Layout das fissuras em cada parede, na face interna e externa.

INTERNA	EXTERNA
	





Na tabela 37, pode-se afirmar que independente da parede, havendo revestimento ou não, houve fissuras na horizontal e na vertical e em alguns casos á 45° também foram encontradas. Além disso, como era de se esperar, as paredes internas (exposta ao fogo), apresentaram um numero maior de fissuras do que as paredes externas, pois acredita-se que seja porque as paredes internas tenham sofrido mais com a ação das elevadas temperaturas.

Outro ponto observado, foi que a maioria das fissuras, acontecia nas argamassas de assentamento, por acreditar que devido à desidratação da mesma. Além disso, observou-se que nas paredes 1 (um) e 4 (quatro) na face externa, foram as que tiveram maior número de fissuras apresentadas, causado pela presença de reboco aplicado na face, ou seja, efeito da desidratação da argamassa de revestimento. Outro ponto observado, foi de que nas paredes 1 e 4, houve o destacamento camada de reboco, na face externa..

Eficiência:

Há um conceito definido através da razão entre a resistência da alvenaria e a resistência do bloco, chamado de eficiência. Este conceito representa a influência da resistência à compressão dos blocos nas alvenarias e é calculado pela equação:

$$n = \frac{f_{cpar}}{f_{cb}} \quad (3)$$

Onde,

f_{cpar} = resistência a compressão da paredes

f_{cb} = resistência a compressão dos blocos

No Brasil, segundo Ramalho e Corrêa (2003, p.79), normalmente os valores adotados para eficiência de prismas variam de 0,5 a 0,9 para os blocos de concreto, e 0,7 a relação entre a resistência dos prismas e da parede.

De acordo com Sahin (1971), citado por Medeiros (1993, p.371) a eficiência da alvenaria, que é a razão entre a resistência a compressão da alvenaria e a do bloco, fica entre 25 e 50%. Medeiros (1993, p.372) estipula que esta razão está na faixa de 25 a 70%.

Diante das pesquisas, observou-se uma variância, nos valores de eficiência encontrados. Então, na tabela 38, mostra os resultados pesquisados, das eficiências entre: prismas de 2 blocos e blocos; blocos e argamassa; paredes e prismas de 2 blocos e paredes e blocos.

Tabela 38-Resumo dos resultados de eficiência na literatura, fonte: Autor

Autor	Materiais/ dimensionamento			Eficiência			
	Argamassa	Bloco (cm)	Parede (cm)	fcp2/fcb	fc _b /fc _a	fpar/fcp2	fpar/fcb
GOMES (1983)	1:0,62:4	19x19x39	19x180x260 19x120x220	0,33	0,94 0,62	0,98	0,33 0,39
	1:0,62:6			0,16	4,25 1,47		1,04
I.P.T 1º relatório (1984)	1:0,61:3,6	11,5x19x39	11,5x120x260	0,64	0,71	0,62	0,44
I.P.T 2º relatório (1984)	1:0,61:3,6	9x19x39	9x120x260	0,90	0,63	0,67	0,61
I.P.T 3º relatório (1984)	1:0,10:4,20	14x19x39	14x120x260	0,57	1,37	0,65	0,39

I.P.T 4° relatório (1984)	1:0,10:4,20	14x19x29	14x120x260	0,64	1,25	0,61	0,39
I.P.T 5° relatório (1986)	1:0,62:5,5	14x19x39	14x120x260	0,65	0,89	0,73	0,47
		19x19x39	19x120x260	0,51	1,00	0,84	0,43
FRANCO (1987)	1:0,5:4,5	11,5x11,3x24	11,5X124x261	0,52	x	0,79	0,41
	1:0:3			0,55	x	0,77	0,42
MULLER (1989)	1:0,5:4,5	14x14x29	14x240x119	x	6,42	x	0,13
MACHAD O & TAKEYA (1998)	1:0,15:4,83	14x19x29	14x120x140	0,27	x	0,66	0,18
MACHAD O (1999)	1:0,25:3	14 19x29	14x120x140	0,51	x	0,66	0,34
	1:0,5:4,5			0,58	x	0,58	0,33
GARCIA (2000)	1:0,5:4,5	14x19x39	14x120x240	0,66 0,68	1,11	0,57 0,65	0,38 0,44
PINHEIR O (2009)	1 : 0,5 : 4	11,5X19X29	11,5x59x79	x	2,33	x	0,46
		14X19X29	14x59x79	x	2,37	x	0,37
	1 : 1 : 6	11,5X19X29	11,5x59x79	x	4,25	x	0,40
		14X19X29	14x59x79	x	4,31	x	0,28
AUTOR	Industrializada	9X19X19	9X150X150	0,20	1,76	x	x

Obs:

- O traço das argamassas é lido por (Cimento:cal:areia)
- fcp_{par} : Resistência à compressão das paredes
- fca: Resistência à compressão das argamassas
- fcp₂ : Resistência à compressão dos prismas de dois blocos
- fcb : Resistência à compressão blocos .

Na tabela 38, todos os autores citados, elaboraram ensaios com blocos cerâmicos estruturais, modificando os tipos de blocos, tamanhos das paredes e a dosagem das argamassas. Como na pesquisa não foram ensaiadas as alvenarias com resistência a compressão, então a relação fcp_{par}/fcp₂ e fcp_{par}/fcb, não foram calculadas. Os resultados do autor, de fcp₂/fcb e fcb/fca apresentados na tabela 38, são considerados em temperatura ambiente. Entretanto, nas

tabelas 39, 40 e 41, mostra os resultados encontrados nos ensaios e as eficiências (prisma/bloco; bloco/argamassa; prisma/argamassa) ao longo das temperaturas ensaiadas.

Tabela 39- Eficiência dos ensaios de resfriamento quente.

Temperatura °C	Resistência média a compressão			Eficiência		
	Blocos (fcb)	Prisma (fcp2)	Argamassa (fca)	fcp2/fcb	fcb/fca	fcp2/fca
30	3,16	0,65	5,56	0,20	0,57	0,12
200	2,39	1,38	3,47	0,58	0,69	0,40
300	2,80	1,20	3,94	0,43	0,71	0,30
400	1,96	1,34	4,03	0,69	0,49	0,33
500	2,16	0,93	4,91	0,43	0,44	0,19
600	2,15	0,35	5,56	0,16	0,39	0,06

Tabela 40- Eficiência dos ensaios e resfriamento lento.

Temperatura °C	Resistência média a compressão			Eficiência		
	Blocos (fcb)	Prisma (fcp2)	Argamassa (fca)	fcp2/fcb	fcb/fca	Fca/fcp
30	3,16	0,65	5,56	0,20	0,57	0,12
200	1,82	1,02	6,00	0,56	0,30	0,17
300	2,27	1,31	4,25	0,58	0,53	0,31
400	1,66	0,65	2,84	0,39	0,59	0,23
500	2,23	0,35	1,75	0,16	1,27	0,20
600	2,01	0,39	2,44	0,20	0,82	0,16

Tabela 41- Eficiência dos ensaios de resfriamento brusco.

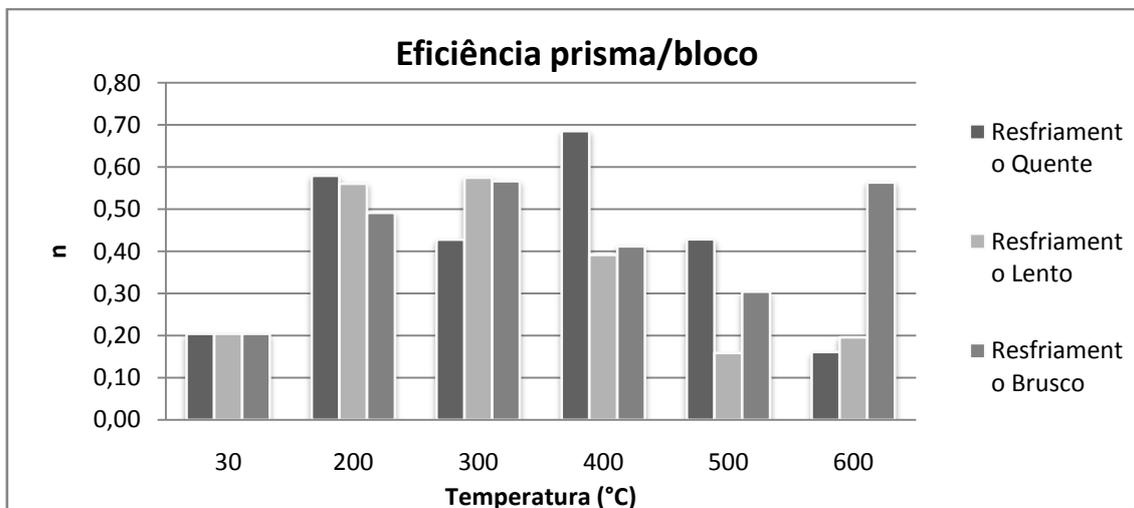
Temperatura °C	Resistência média a compressão			Eficiência		
	Blocos (fcb)	Prisma (fcp2)	Argamassa (fca)	Fcp2/fcb	fcb/fca	fcp2/fca
30	3,16	0,65	5,56	0,20	0,57	0,12
200	1,56	0,77	3,31	0,49	0,47	0,23
300	1,47	0,83	3,28	0,57	0,45	0,25
400	1,00	0,41	3,06	0,41	0,33	0,14
500	0,83	0,25	2,44	0,30	0,34	0,10
600	1,00	0,56	3,81	0,56	0,26	0,15

Analisando os resultados de eficiência por tipo de resfriamento ao longo das temperaturas, podem-se observar na tabela 42, os resultados resumidos e verificar nos gráficos 36, 37 e 38, o comportamento das eficiências ao longo das temperaturas.

Tabela 42- Resumo das eficiências por resfriamento ao longo das temperaturas.

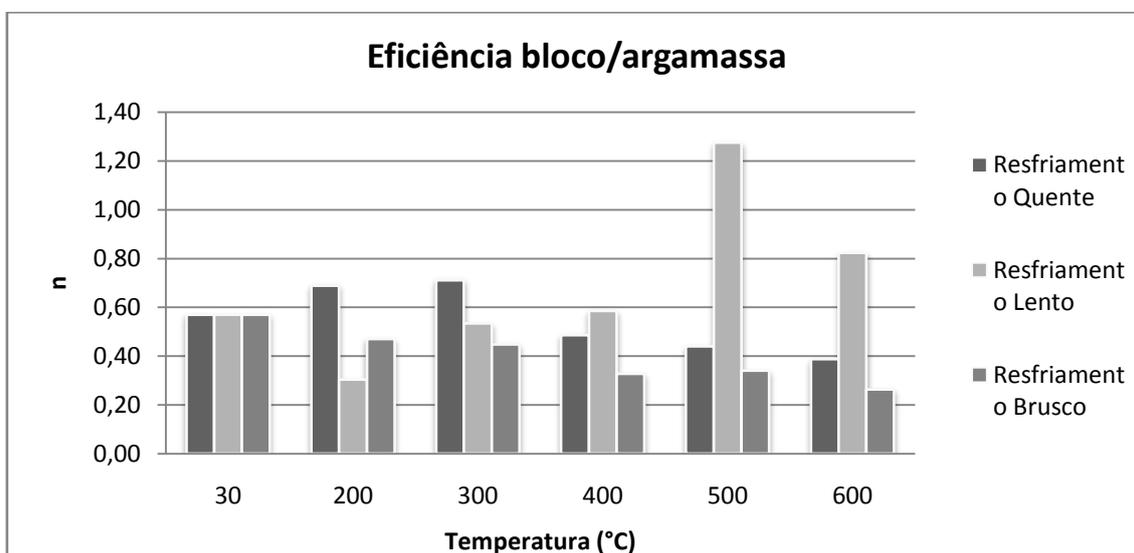
Temp (°C)	Resfriamento Quente			Resfriamento Lento			Resfriamento Brusco		
	fcp2/fcb	fcb/fca	fcp2/fca	fcp2/fcb	fca/fcb	fca/fcp	fcp2/fcb	fca/fcb	fca/fcp
30	0,20	0,57	0,12	0,20	0,57	0,12	0,20	0,57	0,12
200	0,58	0,69	0,40	0,56	0,30	0,17	0,49	0,47	0,23
300	0,43	0,71	0,30	0,58	0,53	0,31	0,57	0,45	0,25
400	0,69	0,49	0,33	0,39	0,59	0,23	0,41	0,33	0,14
500	0,43	0,44	0,19	0,16	1,27	0,20	0,30	0,34	0,10
600	0,16	0,39	0,06	0,20	0,82	0,16	0,56	0,26	0,15

Gráfico 36: Eficiência prisma/bloco ao longo das temperaturas.



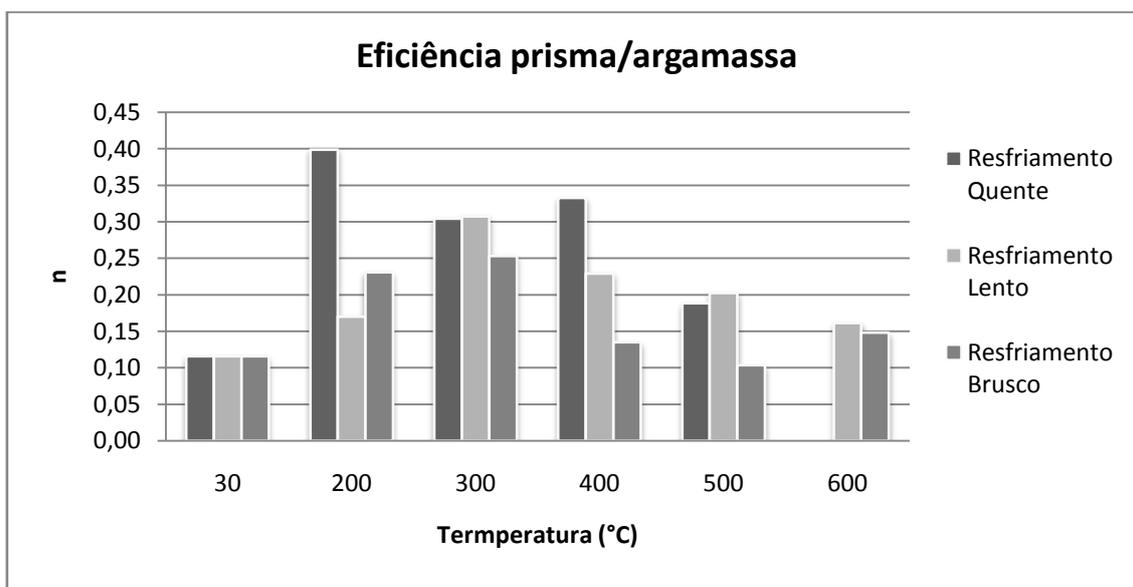
É observado, no gráfico 36, que a variação das eficiências, está entre 0,16 e 0,69 e o que se pode observar na tabela 42, são valores sendo variados entre 0,16 e 0,68, ou seja, verifica-se que os valores encontrados, estão coerentes com os da literatura estudada. Outro ponto observado é de que após aquecido, as eficiências aumentam, com relação a temperatura ambiente. Isso se deve, a três razões: Aumento da resistência dos prismas, perda de resistência dos blocos e os dois fatos anteriores ao mesmo tempo.

Gráfico 37- Eficiência bloco/argamassa ao longo das temperaturas.



No gráfico 37, verificou-se que as eficiências bloco/argamassa, variaram entre 0,26 e 1,27, ao longo das temperaturas e resfriamento. Observa-se na tabela 42, que os valores pesquisados de eficiência bloco/argamassa, estão entre 0,67 e 6,42. Entretanto, vale ressaltar, que os valores estudados estão em temperaturas ambientes.

Gráfico 38- Eficiência prisma/argamassa ao longo das temperaturas.



O gráfico 38, mostra o comportamento das eficiências de prismas/argamassas. Embora nas literaturas, não se tenha costume de calcular esta razão. Verifica-se que a eficiência prisma/argamassa, variou de 0,06 á 0,40 ao longo das temperaturas e resfriamento. Outro ponto observado é de que se comparado as eficiências bloco/argamassa e prisma/argamassa, há uma redução de 30 a 80% nas eficiências calculadas.