

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Avaliação de propriedades e fatores que regem as variações de  
cor do Revestimento Decorativo Monocamada**

Anderson Augusto Müller

Porto Alegre  
2013

**ANDERSON AUGUSTO MÜLLER**

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES E FATORES QUE REGEM AS  
VARIAÇÕES DE COR DO REVESTIMENTO DECORATIVO  
MONOCAMADA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Porto Alegre  
2013

## CIP - Catalogação na Publicação

Müller, Anderson Augusto  
Avaliação de Propriedades e Fatores que Regem as  
Variações de Cor do Revestimento Decorativo  
Monocamada / Anderson Augusto Müller. -- 2013.  
119 f.

Orientador: Angela Borges Masuero.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-  
RS, 2013.

1. Variação de Cor. 2. Revestimento Decorativo  
Monocamada. I. Masuero, Angela Borges, orient. II.  
Título.

**ANDERSON AUGUSTO MÜLLER**

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES E FATORES QUE REGEM AS  
VARIAÇÕES DE COR DO REVESTIMENTO DECORATIVO  
MONOCAMADA**

Porto Alegre, 04 de dezembro de 2013

Prof.a. Angela Borges Masuero  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

Prof. Armando Miguel Awruch, Ph.D.  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior (UFMG)  
Dr. pela Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dra. Marlova Piva Kulakowski (UNISINOS)  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dra. Ana Paula Kirchheim (UFRGS)  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **AGRADECIMENTOS**

Como todos sabem ninguém trabalha ou chega a qualquer lugar sozinho, por vezes alguns até pensam que o fizeram, certamente estes não chegaram a lugar algum, apenas pensaram que! Bom, assim gostaria de uma forma geral agradecer todos que por algum motivo e de alguma maneira colaboraram para que fosse possível chegar ao final de mais uma etapa. Gostaria também de agradecer algumas pessoas de forma especial.

Primeiramente, gostaria de agradecer meus pais, Antonio e Silvia Müller. Na verdade estes são os grandes responsáveis pelo que somos e por todas as escolhas que tomamos e neles nunca faltou apoio e dedicação para ir avançando etapa por etapa, principalmente no que tange a educação. Não posso esquecer de agradecer minha irmã, Candida, o Néni da família.

Karine, sem palavras! Acompanhando-me desde a conquista do vestibular, todos os percalços da Engenharia e agora o mestrado. Tu sabes que nem sempre foi fácil, também nem tão difícil a ponto de ser impossível. Mas só tenho a agradecer pelo amor, amizade, apoio e porque não, mas muita, compreensão, ao longo deste tempo. Espero poder utilizar o mesmo texto, acrescentando apenas sempre mais etapas. Te amo!

Preciso agradecer no quesito família, não posso deixar de sempre fazer um agradecimento especial a meus avós Almiro (que infelizmente não pode acompanhar essa etapa até o final) e Maria. Agradecendo aqui também a todos os tios, primos, sogro, sogra e amigos lá de Santa Cruz do Sul.

O que se leva de um grupo de pesquisa chamado NORIE? Eu levo amigos! O restante tem melhor ou pior em outros lugares também. Desde a iniciação científica até agora, são tantos amigos que falar em nomes fica difícil. Peço que me perdoem pela falta de algum nome. Luciana, não esqueci de ti! Mas existem algumas pessoas que realmente precisam ser lembradas.

Angela, existem coisas que dependendo da dimensão ofuscam outras, então não vou te agradecer por me orientar, dizer que para mim és a melhor orientadora que existe e tal, mas vou te agradecer pela enorme amizade e confiança. Não te esqueças de uma coisa, tem coisas que aprendemos com nossos mestres, não briga com a gente!

Ao Professor (Daniel), o que pode se dizer? Daniel “você é o cara!”. Acho que, precisaria reescrever o que escrevi para a Angela. Como dizem, “Daniel, tu ficou igual a ela!”, bom se eu realmente conseguir ficar igual a vocês também, ou se estiver ficando, acho que estou no caminho certo (?) e seria um orgulho para mim. Obrigado pelo apoio!

Bonin, mesmo tu dizendo que não é recíproco, mas saiba que tenho grande amizade e admiração. Valeu pelo apoio e críticas que sempre foram de enorme importância.

Tenho que fazer um agradecimento especial, por obrigação é claro, para uma grande amiga, Luciana Cordeiro. Lú, valeu pela força e pelo apoio que sempre estiveste disposta a oferecer. E não te esqueça, “Há males que vem para o bem, e outros que vão para Belém (PA)!”, volta sempre puderes (sempre terás aqui um amigo).

Tenho que agradecer a um amigão, Mauro, muito obrigado pela amizade e pela força sempre que necessária. É importante saber que há um amigo que se pode contar a qualquer momento, mesmo para as piores empreitadas. Cara pode contar comigo sempre que precisares.

Tenho que agradecer muito pela amizade e apoio à Turma de Mestrado NORIE/2011. Devo dizer a todos que foi uma grande satisfação fazer parte desse grupo inicialmente de colegas e agora de grandes amigos. Thiago, Eugenio, Josana, Gabi, Juli, Kamura, Renata, Raquel, Vivi e Morgane.

Carina e Lais, em poucas palavras, grandes parceiras, obrigado pelo apoio e amizade. Aos amigos da sala de materiais, nada de escala de maior ou menor importância, Jú Senisse, Cris Vitorino, Giselle, Silvia, Abrahão e Marlon.

Não posso esquecer-me do meu bolsista “chapado” e da minha bolsista “emo”. Bruno (sempre acreditei na tua capacidade) e Carol (sempre soube que conseguiria controlar o choro), obrigado pela força e amizade de vocês, fico feliz de poder ter participado de uma fase importante da formação profissional de vocês. Führ, não esqueci de ti guri, obrigado pela grande ajuda. Continuem assim, vocês estão no caminho certo (eu acho!). Deixo um agradecimento a todos os demais bolsistas, que também colaboraram para o andamento deste trabalho (em especial ao Formiga, Anne, Josi, Alan, Vanessa, Felipe).

Gostaria de agradecer também a todos os professores do NORIE. Em especial a Professora Denise e Ana Paula. Agradecer também, mesmo não fazendo parte do quadro oficial, ao Professor João Masuero.

Agradeço também aos demais integrantes deste grande grupo, Jú Brito, Dietz, Letícia, Cris Paulleti, Fran, Lucília, Rosana, Azambuja e tantos outros que infelizmente apenas não lembrei no momento, saibam que sou grato a todos.

Ao Seu Gilmar e ao Airton, pela colaboração no trabalho e amizade.

Aos colegas da UFCSPA, me deram apoio nesta etapa final.

À CAPES e CNPQ pelo apoio.

À A Pauluzzi Blocos Ceramicos, e Weber Quartzolite pelo apoio e doação de materiais necessários.

Obrigado a todos!

## RESUMO

MULLER, A. A.: **avaliação de propriedades e fatores que regem as variações de cor do Revestimento Decorativo Monocamada**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O sistema de revestimento de argamassa é formado por diversas etapas, preparo da base, emboço, reboco e acabamento decorativo. Apesar de ser uma técnica bastante difundida, em muitos casos, a produção racionalizada e eficiente ainda não está consolidada, ocorrendo em falhas, elevados desperdícios e problemas quanto ao seu desempenho. A eliminação de etapas se apresenta como uma alteração viável aumentar a produtividade, reduzir as perdas, diminuir o consumo de materiais e simplificar o sistema. Neste contexto, surge o sistema de revestimento de argamassa decorativa monocamada. Este sistema de revestimento utiliza uma argamassa pigmentada, eliminando a necessidade de pintura e pode ser aplicada sobre substratos de alvenaria ou concreto estrutural. Por se tratar de um revestimento decorativo, deve ser capaz de atender as expectativas estéticas, apresentando conformidade de cor por toda extensão revestida. No entanto, devido a eliminar etapas, diminuir espessura e por ser uma argamassa com maior complexidade em relação à utilizada na técnica tradicional, pode ocorrer variações de cor no revestimento..Neste sentido, este trabalho buscou identificar os fatores que influenciam na variação de cor do revestimento decorativo monocamada. Para tanto, foram avaliados 4 substratos (vidro e 3 cerâmicos, queimadas a 800, 900 e 1000°C) e utilizou-se diferentes espessuras do revestimento (1, 2 e 3 cm). Também avaliou-se o efeito da quantidade de água na mistura e a temperatura de cura inicial. Utilizou-se um espectrofotômetro para a verificação da cor, e como resposta, adotou-se os sistemas  $L^*a^*b^*$  e  $L^*C^*h(^{\circ})$ . Analisou-se o efeito das variáveis estudadas sobre a cor e posteriormente determinou-se a diferença de cor através do cálculo do  $\Delta E$ , sendo as diferenças obtidas classificadas quanto sua percepção. Observou-se que em sua maioria, os efeitos impostos geraram algum tipo de variação nos fatores que compõem a cor. Porém, nem sempre geram variações de cor perceptíveis. As maiores diferenças de cor foram obtidas nas primeiras idades.

**Palavras-chave:** sistema de revestimento decorativo monocamada; variação de cor.

## ABSTRACT

MULLER, A. A.: **Evaluation of properties and factors that can cause color variations Coating Decorative Monolayer**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Mortar coatings are made through of several steps, such as substrate preparation, mortar plaster and decorative finish. Despite being an rather widespread technique, In many cases, optimized and efficient production is still not consolidated, leading to failure, substantial losses and problems with performance. The elimination of some steps is presented as a feasible opportunity to increase productivity, waste reduction, reduce of consumption of raw materials and system simplification. In this context, the monolayer mortar coating system is an interesting option. This system uses a pigmented coating mortar, eliminating the painting and can be applied to masonry substrates or structural concrete. As this is a decorative coating, The system must be able to attend the aesthetic expectations, showing conformity of color throughout coated extension. However, due to eliminate steps and reduce the thickness to be a mortar with more complex compared to the traditional technique used, the color variations can occur in the coating. Thus, this study aim to identify factors that influence the color variation of the decorative monolayer coating. Thus, four substrates were evaluated (3 glass and ceramic, fired at 800, 900 and 1000°C) and used different coating thicknesses (1, 2 and 3 cm). This paper also evaluated the effect of the amount of water in the mixture and the initial cure temperature. It was used a spectrophotometer to check the color response, and adopted the  $L^*a^*b^*$  and  $L^*C^*h(^{\circ})$ . The analysis have been made calculating the effect of the variables on color and then the color difference  $\Delta E$ . The differences obtained are classified from its perception. It was observed that in most cases, the effects taxes have generated some variation in the factors that make up the color. However, not always produced notable changes in color. The greatest differences in color were obtained at early ages.

**Keywords:** decorative coating monolayer system; color variation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: evolução da técnica de revestimento tradicional até o sistema decorativo monocamada, (a) revestimento tradicional, como reboco e emboço, (b) revestimento com camada única e (c) revestimento decorativo monocamada, RDM, (CRESCENCIO, 2003).....	21
Figura 2: aparecimento de “fantasmas” em revestimentos decorativo monocamada (FREITAS e ALVES, 2009) .....	26
Figura 3: principais aspectos relacionados à instalação do reforço com telas de vidro (adaptado de ANFAPA e ITEC, 2008).....	30
Figura 4: detalhe do aspecto da tela de reforço (ANFAPA e ITEC, 2008).....	30
Figura 5: vista geral da projeção da argamassa decorativa monocamada (adaptado de <a href="http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s">http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s</a> ).....	31
Figura 6: regularização feita logo após a aplicação da segunda camada (adaptado de <a href="http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s">http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s</a> ).....	31
Figura 7: Aplicação manual do revestimento decorativo monocamada (adaptado de <a href="http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-monocamada-pede-projeto_5759">http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-monocamada-pede-projeto_5759</a> )...	32
Figura 8: Perfil de absorção de blocos cerâmicos após diferentes temperaturas de queima (adaptado de PAGNUSSAT, 2013).....	36
Figura 9: distribuição e poros nas amostras de blocos cerâmicos com diferentes temperaturas de queima (adaptado de PAGNUSSAT, 2013) .....	37
Figura 10: Espectro eletromagnético (HALLIDAY at al., 2003).....	39
Figura 11: Sensibilidade relativa do olho humano a ondas eletromagnética de diferentes comprimentos de onda (HALLIDAY at al., 2003).....	40
Figura 12: Variação da percepção de cor em função da luminosidade do dia (GLIESE E PETTER, 2004) .....	41
Figura 13: comportamento da luz refletida de acordo com a rugosidade superficial do objeto (GLIESE, 2003).....	41
Figura 14: representação esquemática das principais geometrias de medição (GLIESE, 2003) .....	43
Figura 15: Esquema do funcionamento dos diferentes equipamentos de medição (adaptado de MINOLTA, 2002).....	44
Figura 16: Diagrama esquemático ( <a href="http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.html">http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.html</a> ) e sólido de cor no espaço (MINOLTA 2007). .....	45
Figura 17: Sistema de medição L*C*h(°) (adaptado de MINOLTA,2002).....	46
Figura 18: comparação dos valores das diferenças de com e percepção visual (PETTER E GLIESE, 2004 apud FIORETTI, 2010).....	47
Figura 19: fluxograma da matriz experimental do estudo em questão.....	49
Figura 20: aspecto da mufla utilizada no processo de queima dos substratos cerâmicos .....	52

Figura 21: aspecto dos blocos cerâmicos após procedimento de queima, nas temperaturas de 800°C, 900°C e 1000°C respectivamente, da esquerda para a direita .....	52
Figura 22: absorção capilar total ao longo do tempo ( $\text{min}^{-1/2}$ ) de blocos cerâmicos queimados em diferentes temperaturas .....	53
Figura 23: avanço da umidade por capilaridade nos blocos queimados em diferentes temperaturas.....	54
Figura 24: vistas do aparato criado para aplicação da argamassa: (a) superior; (b) frontal .....	58
Figura 25: detalhe em perspectiva do aparato de aplicação da argamassa .....	59
Figura 26: esquema de aplicação da argamassa com o aparato desenvolvido: (a) detalhe da colocação do material com as duas contenções laterais; (b) momento anterior à compactação com o uso do rolo; (c) compactação da argamassa com rolo; (d) processo de remoção do excesso de material com espátula; (e) uso da esponja para remover excesso de nata (esponja sempre limpa e úmida, com excesso de água removida com torção manual); (f) acabamento final.....	60
Figura 27: processo de desforma e armazenagem dos corpos de prova: (a) retirada da contenção lateral da fôrma; (b) aspecto corpo de prova a ser ensaiado; (c) vista de corpo de prova em ambiente de cura .....	61
Figura 28: vista geral dos corpos de prova mantidos em cura.....	62
Figura 29: posicionamento do gabarito sobre a argamassa e detalhe anterior às leituras com espectrofotômetro .....	63
Figura 30: sistema $L^*a^*b^*$ e sistema $L^*C^*h(^{\circ})$ (adaptado de <a href="http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.shtml">http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.shtml</a> ).....	64
Figura 31: fluxograma da etapa 1 .....	66
Figura 32: efeito da variação da relação água/materiais secos sobre o parâmetro de cor $L^*$ ... ..	67
Figura 33: efeito da variação da relação água/materiais secos sobre o parâmetro de cor $C^*$ ..	69
Figura 34: efeito do tempo de cura sobre o parâmetro de cor $C^*$ .....	70
Figura 35: efeito do tempo em função da relação água/materiais secos para valores médios de $h(^{\circ})$ .....	72
Figura 36: efeito da relação água/materiais secos em função do tempo para valores médios de $h(^{\circ})$ .....	73
Figura 37: fluxograma da etapa 2 .....	74
Figura 38: efeito da interação espessura da argamassa com o substrato nos diferentes substratos para o fator $L^*$ .....	77
Figura 39: Influência da absorção da base para revestimentos de diferentes espessuras na luminosidade ( $L^*$ ).....	78
Figura 40: Influência da idade da argamassa na luminosidade ( $L^*$ ) .....	78
Figura 41: efeito da espessura nos diferentes substratos para o fator $C^*$ .....	81
Figura 42: efeito da base nas diferentes espessuras para os valores de $C^*$ .....	82
Figura 43: Influência da idade da argamassa no parâmetro $C^*$ .....	83

Figura 44: efeito da variação da espessura do revestimento de argamassa em função dos diferentes substratos, aos 7 dias, para o fator $h(^{\circ})$ (tonalidade).....	86
Figura 45: efeito da variação da espessura do revestimento de argamassa em função dos diferentes substratos, aos 28 dias, para o fator $h(^{\circ})$ (tonalidade).....	86
Figura 46: efeito da variação da espessura do revestimento de argamassa em função dos diferentes substratos, aos 84 dias, para o fator $h(^{\circ})$ (tonalidade).....	87
Figura 47: efeito da absorção do substrato em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ (efeito até os 7 dias) .....	88
Figura 48: efeito da absorção do substrato em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ (efeito até os 28 dias) .....	88
Figura 49: efeito da absorção do substrato em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ (efeito até os 84 dias) .....	89
Figura 50: efeito do tempo em função da base sobre o fator $h(^{\circ})$ para 1 cm de espessura do revestimento.....	90
Figura 51: efeito do tempo em função da base sobre o fator $h(^{\circ})$ para 2 cm de espessura do revestimento.....	90
Figura 52: efeito do tempo em função da base sobre o fator $h(^{\circ})$ para 3 cm de espessura do revestimento.....	91
Figura 53: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ para a base cerâmica queimada a 1000°C .....	91
Figura 54: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ para a base cerâmica queimada a 900°C .....	92
Figura 55: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ para a base cerâmica queimada a 800°C .....	92
Figura 56: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator $h(^{\circ})$ para a base de vidro .....	93
Figura 57: fluxograma da etapa 3 .....	94
Figura 58: efeito do tempo em função da temperatura de cura inicial para valores médios de $L^*$ .....	96
Figura 59: valores médios de $L^*$ em função do efeito da temperatura de cura inicial para cada tempo de cura.....	97
Figura 60: efeito do tempo em função da temperatura de cura inicial para valores médios de $C^*$ .....	99
Figura 61: efeito da temperatura de cura inicial em função ao tempo de cura para valores médios de $C^*$ .....	100
Figura 62: efeito da variação temperatura inicial de cura sobre o parâmetro de cor $h(^{\circ})$ .....	102
Figura 63: efeito da variação do tempo de cura para o fator de cor $h(^{\circ})$ quando se alterou a temperatura inicial de cura.....	103

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: exemplos de porosidade de tijolos produzidos com diferentes matérias-primas (WHITELEY et al., 1977 apud CARASEK, 1996).....	34
Tabela 2: características dos blocos cerâmicos produzidos por Pagnussat (2013).....	36
Tabela 3: Absorção capilar total e inicial de blocos cerâmicos queimados a diferentes temperaturas.....	53
Tabela 4: caracterização da argamassa decorativa monocamada no estado fresco.....	55
Tabela 5: caracterização da argamassa decorativa monocamada no estado endurecido.....	56
Tabela 6: procedimento de mistura adotado para a argamassa monocamada adaptado de NBR 7215/1996 e das instruções do fabricante.....	57
Tabela 7: valores de L* em função a variação da quantidade de água na mistura.....	66
Tabela 8: valores do desvio padrão das médias de L* em função a variação da quantidade de água na mistura.....	66
Tabela 9: tabela ANOVA para valores de L* quanto a variação da relação água / materiais secos ao longo do tempo.....	67
Tabela 10: valores médios de C* em função da variação da quantidade de água na mistura ..	68
Tabela 11: valores de desvios padrão das médias de C* em função da variação da quantidade de água na mistura.....	68
Tabela 12: tabela ANOVA para valores de *C quanto a variação da relação água/materiais secos longo do tempo.....	68
Tabela 13: valores médios de h(°) em função a variação da quantidade de água na mistura...	70
Tabela 14: valores de desvio padrão das médias de h(°) em função a variação da quantidade de água na mistura.....	71
Tabela 15: tabela ANOVA para valores de h(°) quanto a variação da relação água / materiais secos longo do tempo.....	71
Tabela 16: Influência do tipo de substrato, espessura do revestimento e tempo de cura sobre L*(luminosidade) média.....	75
Tabela 17: valores de desvios padrão para os valores médios de L*, em função da influência do tipo de substrato, espessura do revestimento e tempo de cura.....	75
Tabela 18: tabela ANOVA para valores de L* quanto a variação da espessura e substrato ao longo do tempo.....	76
Tabela 19: influência do tipo de substrato, espessura de revestimento e tempo de cura em C* (saturação de cor).....	79
Tabela 20: desvios padrão médio dos resultados obtidos em função do tipo de substrato, espessura de revestimento e tempo de cura em C* (saturação de cor).....	80
Tabela 21: tabela ANOVA para valores de *C quanto a variação da espessura e absorção do substrato ao longo do tempo.....	81
Tabela 22: valores médios de h(°) em função da variação da base e a espessura de revestimento.....	84

Tabela 23: valores do desvio padrão das médias de $h(^{\circ})$ em função da variação da base e a espessura de revestimento.....	84
Tabela 24: tabela ANOVA para valores de $h(^{\circ})$ quanto a variação da espessura e substrato ao longo do tempo .....	85
Tabela 25: influência da temperatura inicial de cura na luminosidade ( $L^*$ ) ao longo do tempo .....	94
Tabela 26: desvios padrão das médias de $L^*$ sob influência da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo .....	95
Tabela 27: tabela ANOVA para valores de $L^*$ quanto à variação da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo.....	95
Tabela 28: influência da temperatura inicial de cura na saturação da cor ( $C^*$ ) ao longo do tempo .....	97
Tabela 29: desvios padrão das médias de $C^*$ sob influência da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo .....	97
Tabela 30: tabela ANOVA para valores de $C^*$ quanto a variação da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo.....	98
Tabela 31: influência da temperatura inicial de cura na tonalidade da cor ( $h(^{\circ})$ ) ao longo do tempo .....	100
Tabela 32: desvios padrão das médias de $h(^{\circ})$ sob influência da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo .....	101
Tabela 33: tabela ANOVA para valores de $h(^{\circ})$ quanto à variação da temperatura inicial de cura ao longo do tempo.....	101
Tabela 34: comparação e classificação do $\Delta E$ entre as diferentes relações água/materiais secos em função do tempo de cura.....	105
Tabela 35: comparação e classificação do $\Delta E$ entre os diferentes tempos de cura em função da relação água/materiais secos.....	105
Tabela 36: comparação e classificação do $\Delta E$ entre as diferentes bases em função da espessura e tempo de cura.....	107
Tabela 37: comparação e classificação do $\Delta E$ entre as diferentes espessuras em função da base e tempo de cura.....	108
Tabela 38: comparação e classificação do $\Delta E$ entre as diferentes temperaturas de cura inicial em função ao tempo de cura .....	109
Tabela 39: comparação e classificação do $\Delta E$ entre os diferentes tempos de cura em função da temperatura inicial de cura.....	109

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 .....	45
Equação 2 .....	45
Equação 3 .....	45
Equação 4 .....	46
Equação 5 .....	46
Equação 6 .....	46
Equação 7 .....	46
Equação 8 .....	46
Equação 9 .....	46
Equação 10 .....	53
Equação 11 .....	64
Equação 12 .....	64
Equação 13 .....	64

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	QUESTÕES DA PESQUISA.....	16
1.2	OBJETIVOS.....	16
1.2.1	Objetivos principais.....	16
1.2.2	Objetivos secundários.....	17
1.3	HIPÓTESES.....	17
1.4	DELIMITAÇÕES.....	17
1.5	LIMITAÇÕES.....	18
<b>2</b>	<b>SISTEMA DE REVESTIMENTO DECORATIVO MONOCAMADA.....</b>	<b>19</b>
2.1	PRINCÍPIOS BÁSICOS DA TÉCNICA.....	20
2.2	MATÉRIAS-PRIMAS DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DECORATIVO MONOCAMADA.....	22
2.3	APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO.....	23
2.3.1	Substrato para aplicação.....	23
2.3.2	Preparo da argamassa.....	27
2.3.3	Aplicação da argamassa.....	28
2.3.3.1	Aplicação mecânica.....	30
2.3.3.2	Aplicação manual.....	32
<b>3</b>	<b>SUBSTRATO.....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTOS DE COLORIMETRIA .....</b>	<b>38</b>
4.1	DEFINIÇÃO DE COR.....	38
4.2	PERCEPÇÃO DE COR.....	40
4.2.1	Fonte luminosa.....	40
4.2.2	Objeto.....	41
4.2.3	Observador.....	42

4.3	SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE COR .....	42
4.3.1	Geometrias de medição de cor.....	42
4.3.2	Equipamentos de medição de cor .....	43
4.3.3	Avaliação da cor .....	44
4.3.4	Variação de cor .....	46
<b>5</b>	<b>PROGRAMA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>48</b>
5.1	METODOLOGIA EXPERIMENTAL ADOTADA .....	48
5.1.1	Variáveis de resposta (dependentes):.....	48
5.1.2	Fatores controláveis (independentes) e fatores constantes .....	48
5.1.2.1	Substratos utilizados .....	49
5.1.2.2	Temperatura de cura inicial .....	50
5.1.2.3	Relação água/materiais secos.....	50
5.1.2.4	Espessuras do revestimento .....	50
5.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	51
5.2.1	Obtenção dos substratos .....	51
5.2.2	Argamassa decorativa monocamada.....	54
5.2.2.1	Caracterização para o estado fresco .....	54
5.2.2.2	Caracterização no estado endurecido .....	55
5.2.3	Água utilizada.....	56
5.3	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	57
5.3.1	Método de mistura da argamassa utilizada.....	57
5.3.2	Método de aplicação da argamassa.....	57
5.3.3	Processo de cura .....	61
5.3.3.1	Cura em temperatura de 9°C.....	61
5.3.3.1	Cura referência (23°C).....	61
5.3.3.2	Cura em temperatura de 35°C.....	62
5.3.3.3	Cura para temperatura de 50°C.....	62
5.3.4	Ensaio de colorimetria .....	62
<b>6</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>65</b>
6.1	VARIAÇÃO DA RELAÇÃO ÁGUA/MATERIAIS SECOS (ETAPA 1).....	65
6.1.1	L* (luminosidade) .....	66
6.1.2	C* (saturação).....	68
6.1.3	h(°) (tonalidade).....	70

6.2	VARIAÇÃO DO SUBSTRATO E ESPESSURA (ETAPA 2).....	73
6.2.1	L* (luminosidade) .....	74
6.2.2	C* (saturação).....	79
6.2.3	h (°) (tonalidade).....	83
6.3	VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE CURA INICIAL (ETAPA 3).....	94
6.3.1	L*(luminosidade) .....	94
6.3.2	C* (saturação).....	97
6.3.3	h(°) (tonalidade).....	100
6.4	ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENCONTRADAS NO ENSAIO DE COLORIMETRIA ( $\Delta E$ ) .....	104
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>110</b>
<b>8</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>112</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>113</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização do sistema de revestimento de argamassa em fachadas de edificações é uma prática bastante difundida. No entanto, mesmo sendo uma técnica bastante antiga e com ampla utilização, em muitos casos (ou na sua maioria), a produção racionalizada e eficiente ainda não está consolidada. Desta forma, faz com que constantemente ocorram falhas, como elevados índices de desperdícios e problemas quanto ao seu desempenho. Este revestimento deve ser capaz de atender as suas principais funções, que segundo Baía e Sabbatini (2001) são de proteger e auxiliar os elementos de vedação, regularizar a base e contribuir com o acabamento da fachada.

No sentido de melhorar o desempenho das edificações, empresas construtoras e fornecedores de materiais de construção, buscam implementar melhorias nos sistemas e sub-sistemas. Com estes avanços as empresas se tornam mais competitivas, e acelera-se o avanço tecnológico das técnicas e dos materiais. Neste sentido, o sistema de revestimento de argamassa constantemente é foco de novas proposições de melhorias. Isto ocorre principalmente por se tratar de um sistema que pode ser considerado complexo, formado por diversos sub-sistemas que compõe uma série de etapas, como preparo da base, emboço, reboco e acabamento decorativo.

A eliminação de etapas acaba se apresentando como uma forma viável no sentido de aumentar a produtividade, reduzir as perdas, diminuir o consumo de materiais e simplificar o sistema (tendendo a resultar em uma menor probabilidade de erros). Neste contexto surge um sistema de revestimento de argamassa com camada única que se constitui também na camada de acabamento, e é denominado por diversos autores como revestimento decorativo monocamada (CRESCENCIO e BARROS, 2005; PIOVEZAN e CRESCENCIO, 2003).

Trata-se de um sistema de revestimento monocamada, de origem francesa, que utiliza argamassa pigmentada, eliminando a necessidade de pintura. Este pode ser aplicado sobre substratos de alvenaria ou concreto estrutural (previamente preparado) com espessura

média de 12 a 15 mm (CSTB<sup>1</sup>, 1993 apud CRESCENCIO E BARROS, 2005). Trata-se de um sistema desenvolvido sob diferentes condições de aplicação e uso, e pelas diferenças entre a técnica de revestimento de argamassa convencional é considerado como um sistema inovador no Brasil. No ano de 2012, foi publicada a diretriz SINAT para avaliação técnica do revestimento monocamada. Esta diretriz é publicada em meio à necessidade de se estabelecer critérios de desempenho para este sistema de revestimento.

Por ser usualmente aplicado em espessuras pequenas, em comparação ao sistema de argamassa convencional, este sistema está mais suscetível a apresentar manifestações patológicas. A perda de água diferencial, a qual dependendo da intensidade, pode ser um dos fatores responsáveis por diferenças de cor na fachada (comumente percebido como manchas), podendo esta perda de água estar relacionada tanto com a evaporação como com a perda de água para o substrato. Este tipo manifestação patológica ocorre também em revestimento de argamassa convencional, mas em função do sistema de revestimento argamassa decorativa monocamada constituir-se no próprio acabamento, os fatores que causam ou minimizam a ocorrência de manchas por diferença de cor necessitam de maiores estudos.

## 1.1 QUESTÕES DA PESQUISA

Quais condições e fatores que influenciam no aparecimento de diferenças de cor ao longo do revestimento decorativo monocamada?

## 1.2 OBJETIVOS

A seguir são descritos os objetivos principais e secundários deste trabalho:

### 1.2.1 Objetivos principais

O presente trabalho tem o objetivo de identificar os fatores que influenciam na variação de cor do revestimento decorativo monocamada.

---

<sup>1</sup> CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (CSTB). Classification des caracteristiques des enduits MERUC. Paris, n.2669-3, juillet/aout, 1993. 4p.

### 1.2.2 Objetivos secundários

Como objetivos secundários tem-se os seguintes aspectos:

Verificar a influência dos seguintes fatores isolados e/ou combinados sob a cor do revestimento decorativo monocamada:

- a) absorção do substrato;
- b) espessura do revestimento;
- c) relação água/materiais secos utilizada na mistura;
- d) temperatura de cura inicial;
- e) além disso, pretende-se ainda, identificar dentre as espessuras do revestimento em análise, quais as que minimizam as diferenças de cor causadas pela absorção diferencial dos substratos;

### 1.3 HIPÓTESES

O uso de espessuras menores de revestimento de argamassa decorativa monocamada, ser mais susceptível a apresentar diferença de cor, sendo influenciado pela:

- a) diferença de espessuras do revestimento em um mesmo plano;
- b) variação das propriedades do substrato;
- c) temperatura de cura inicial.

A relação água/materiais secos influencia diretamente em possíveis variações de cor.

### 1.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho delimitou-se ao uso de dois tipos de substratos, sendo o primeiro o vidro, utilizado como referência, com absorção igual a zero, e o segundo cerâmico, substrato considerado como poroso. O substrato cerâmico foi utilizado em três níveis (com temperaturas de queima de 800°, 900° e 1000°C). Para a camada de revestimento empregou-se um único lote de argamassa de revestimento decorativo monocamada, sendo esta aplicada em três diferentes espessuras (10, 20 e 30mm).

## 1.5 LIMITAÇÕES

Foi utilizada a argamassa de revestimento decorativa monocamada de um único fabricante.

Como o objetivo presente trabalho é analisar, verificar e compreender a ocorrência do fenômeno, optou-se por não utilizar alguns procedimentos indicados pelos fabricantes.

## 2 SISTEMA DE REVESTIMENTO DECORATIVO MONOCAMADA

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), o sistema de revestimento pode ser definido como o “conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo”. A mesma Norma, na versão anterior (ABNT, 1995), adicionava à este conceito de sistema a compatibilidade com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto. O conceito de sistema de revestimento carrega consigo os conceitos relativos aos componentes que o integram. Na versão antiga da Norma, NBR 13529 (ABNT,1995), sendo estes conceitos utilizados neste trabalho, estão basicamente descritos como:

- a) base ou substrato: “parede ou teto constituído por material inorgânico, não-metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.”;
- b) camada de preparo: chapisco: “camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.”;
- c) revestimento de argamassa: “cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, adequado a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final.”.

Segundo Baía e Sabbatini (2001), o sistema de revestimento de argamassa auxilia os elementos de vedação no desempenho termo-acústico e estanqueidade tanto à água quanto aos gases. O revestimento também tem a função de regularizar o substrato, servindo como base para outros acabamentos ou constituindo-se no próprio acabamento final, contribuindo com a estética da edificação.

A mesma norma anteriormente citada (NBR 13529, ABNT 2013) utiliza o termo camada única referindo-se a um “revestimento constituído de um único tipo de argamassa (exceto chapisco), aplicado em uma ou mais demãos, sobre a base”. Neste sentido, o termo monocamada não deve ser confundido com camada única, uma vez que o revestimento decorativo monocamada pode ser aplicado sobre uma camada de emboço, executado com argamassa tradicional. Neste mesmo contexto, Crescencio (2003), menciona que não existia

uma terminologia normatizada, sendo então proposto pela autora, e utilizado neste trabalho, a expressão: Revestimento Decorativo Monocamada (RDM).

Este sistema tem origem na França e desde a década de 70 já possui certificação na Europa (CRESCENCIO e BARROS, 2005). E vem se consolidar como uma alternativa ao sistema tradicional aplicado (chapisco, emboço, reboco e revestimento decorativo). De forma geral pode-se definir o revestimento de argamassa decorativo monocamada, com um sistema que visa reduzir etapas e camadas, no intuito de acelerar o processo construtivo e diminuir o consumo e desperdício de materiais.

No Brasil, este revestimento ainda não tem a mesma utilização que o revestimento de argamassa tradicional. A inserção do sistema de revestimento decorativo monocamada teve início com a abertura do mercado, por volta do ano 2000, quando houve a introdução de novos produtos que trouxeram consigo novas tecnologias (CRESCENCIO e BARROS, 2005). Este sistema inseriu-se no mercado do Rio Grande do Sul em 2010.

O revestimento decorativo monocamada, é definido pelo SINAT (2012) como um revestimento de argamassa aplicado em uma única camada e que deva acumular as funções de regularização, estanqueidade e acabamento. Por ser aplicado em espessuras menores (tradicionalmente de 12 a 15 mm, segundo Crescencio e Piovezan (2003)), exige dessas argamassas características diferenciadas.

## 2.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA TÉCNICA

As principais diferenças entre o sistema tradicional e o sistema de revestimento decorativo monocamada, estão nas características apresentadas pelo último sistema (DTU 26.1 CSTB2, 1978 apud CRESCENCIO e BARROS, 2005), quais sejam:

- a) uso de aditivos e ou aglomerantes especiais;
- b) utilização de uma única camada, aplicada em uma ou duas demãos (aplicação rápida);
- c) menor espessura;
- d) acabamento decorativo com cores;
- e) além da cor, o acabamento final da superfície pode ser texturizado (sem acréscimo de camada).

---

<sup>2</sup> CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. (CSTB). D.T.U 26.1 – **Trauxd' enduits aux mortiers de liante hydrauliques** – Cahiers des charges. Paris, CSTB, sep. 1978, 28 p.

A figura 1 apresenta de forma esquemática as principais modificações entre o sistema de revestimento tradicional e o sistema decorativo monocamada.

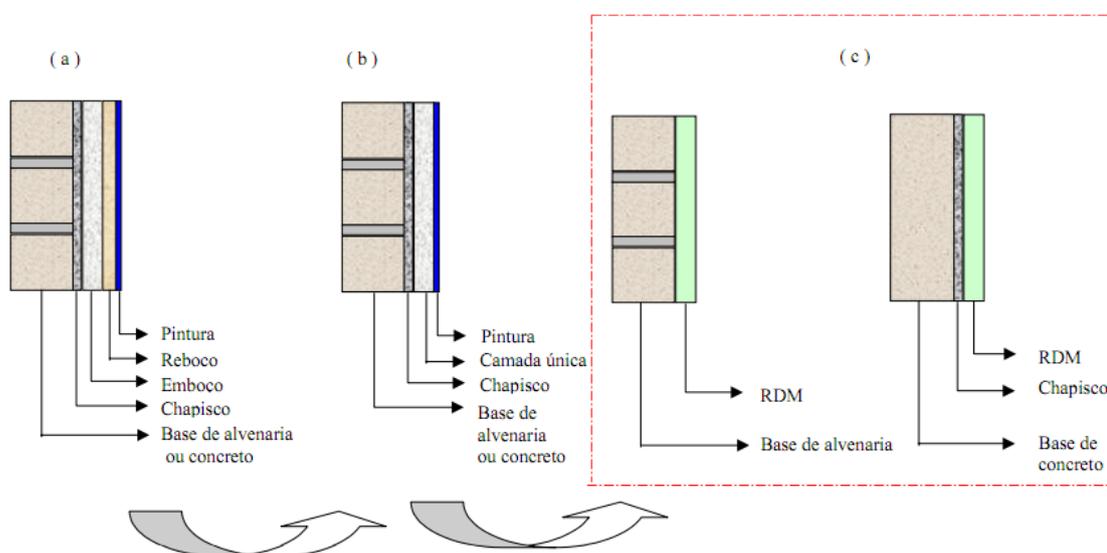


Figura 1: evolução da técnica de revestimento tradicional até o sistema decorativo monocamada, (a) revestimento tradicional, como reboco e emboço, (b) revestimento com camada única e (c) revestimento decorativo monocamada, RDM, (CRESCENCIO, 2003)

Segundo Piovezan e Crescencio (2003), o revestimento decorativo monocamada dispensa o emprego de chapisco quando aplicado em alvenaria (sobre substrato de concreto faz-se necessário a utilização do chapisco) e a espessura de aplicação é cerca da metade da espessura da técnica tradicional (dependendo das condições da base, como prumo e planicidade), além de dispensar a utilização de pintura. Quanto à aplicação, esta pode ser feita manualmente ou mecanizada (projeção) sendo esta última a mais utilizada.

Os mesmos autores ainda colocam que boa parte das manifestações patológicas relacionadas ao sistema monocamada podem estar relacionados com:

- o desenvolvimento da técnica que partiu dos fornecedores, o que resultou em um maior foco no material e não na técnica de aplicação;
- sistema de revestimento decorativo monocamada começou a ser aplicado sem levar em consideração as diferenças climáticas e as condições de uso específicas de cada região;
- no Brasil, uso sem normalização técnica e estudos prévios sobre o sistema.

## 2.2 MATÉRIAS-PRIMAS DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DECORATIVO MONOCAMADA

Segundo Quintela (2006) os materiais que constituem a argamassa para revestimento decorativo monocamada são semelhantes ao dos revestimentos tradicionais (cimento, cal e areia), estando as maiores diferenças relacionadas a dosagem, seleção dos materiais, adições e aditivos utilizados. Este conjunto básico e suas proporções variam conforme o fabricante. Estas variações, sejam de materiais constituintes ou sua proporção em relação a diferentes fabricantes é evidenciada por Lobo et al (2007), no mesmo texto também pode ser observado que há uma variação da relação água/materiais secos recomendada pelos diferentes fabricantes que possuem o DIT<sup>3</sup> (aprovadas ou em tramitação).

Os aglomerantes utilizados basicamente são cimento e cal. O cimento pode ser o cimento Portland comum (cinza) ou branco, sendo o branco mais comum, pois facilita a obtenção de cores claras. Por vezes o cimento pode ser utilizado como único aglomerante na mistura, porém normalmente a cal aérea também é empregada, podendo ser adotada como o principal aglomerante. Quanto aos agregados usados, a forma e a curva granulométrica influenciam o acabamento, a cor, porosidade e a trabalhabilidade da argamassa. Estas areias devem ser lavadas, para remover qualquer matéria orgânica. Além disso, os finos dos agregados influenciam os pigmentos, formando a cor do revestimento (QUINTELA, 2006).

Como já mencionado anteriormente, uma característica marcante desse tipo de argamassa está relacionada com os aditivos utilizados. Esses aditivos são necessários para conferir as propriedades exigidas por esse tipo especial de argamassa, tanto no estado fresco quanto no endurecido. Os principais aditivos e suas funções estão descritos a seguir, segundo Quintela (2006):

- a) retentores de água: tem a função de evitar a rápida perda de água, seja por secagem ou por absorção do substrato;
- b) plastificantes: estes tem a função de melhorar a plasticidade, aumentando a trabalhabilidade com uma menor quantidade água na mistura;
- c) incorporadores de ar: este aditivo incorpora ar na forma de pequenas bolhas de ar na argamassa, melhorando a homogeneidade, plasticidade e trabalhabilidade. Também promove função importante no sentido de diminuir a absorção por capilaridade da argamassa, importante contribuição para estanqueidade do revestimento;

---

<sup>3</sup> DIT. **Documento de Idoneidad Técnica**. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

- d) hidrofugantes: estes também tem a função de diminuir a absorção capilar, estes são compostos de partículas finas insolúveis que agem reduzindo a tensão capilar, dificultando a circulação da água no interior da argamassa.
- e) reguladores de pega: agem sobre a velocidade das reações, podendo ser retardadores ou aceleradores de pega;
- f) promotores de aderência: geralmente resinas que melhoram as resistências (à tração, compressão e aderência à tração) da argamassa sem aumentar o teor de cimento da mistura;
- g) fungicidas: tem a função de impedir a fixação de microrganismos, que tem seu desenvolvimento favorecido por compostos orgânicos (aditivos).

Também são adicionados pigmentos, responsáveis por colorir a argamassa, principal apelo estético do acabamento final. Argamassas com tonalidades escuras estão mais sujeitas à manchamentos, por eflorescências, além de conferir um coeficiente de absorção de radiação maior, podendo aumentar os riscos de ocorrências de manifestações patológicas relacionadas a temperaturas e a variação da mesma (QUINTELA, 2006). Pode haver também a incorporação de adições pozolânicas e fibras, dependendo das propriedades desejadas no estado fresco e endurecido.

## 2.3 APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Partindo-se do princípio de que a argamassa a ser utilizada no revestimento decorativo monocamada seja industrializada, portanto sua dosagem não faz parte das preocupações na aplicação, exceto quanto a quantidade de água. Entretanto, como um sistema de revestimento deve-se ter uma atenção especial com o substrato, o preparo da argamassa, sua aplicação, o acabamento superficial e por fim a interferência das condições ambientais, antes, durante e após a aplicação.

### 2.3.1 Substrato para aplicação

Segundo Baía e Sabbatini (2001), os substratos dos revestimentos de argamassa em uma edificação convencional são a estrutura de concreto armado e a alvenaria estrutural e ou de vedação. Alguns dos materiais mais utilizados na fabricação de blocos e tijolos: cerâmica, concreto, concreto celular e sílico-calacário. Os mesmos autores colocam que de forma geral, a absorção, porosidade, resistência mecânica, movimentação higroscópica, rugosidade e homogeneidade são as principais características do substrato capazes de interferir no revestimento de argamassa.

A capacidade de absorção de um substrato está relacionada com sua porosidade. Quanto mais poroso, maior é o fluxo de água, fluxo este, que pode carregar consigo a pasta de cimento na direção do substrato, alterando a microestrutura da argamassa, principalmente junto da interface. A intensidade deste fluxo é reflexo do diâmetro, estrutura, volume, distribuição e ligações dos poros. A absorção varia ao longo do tempo, e a taxa inicial tem interferência sobre a resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa, onde maiores resistências de aderência geralmente estão correlacionadas com uma maior penetração da pasta nos poros do substrato (PAES, 2004).

A taxa de absorção não depende exclusivamente das características do substrato, mas também de características da argamassa de revestimento, principalmente de sua capacidade de retenção de água. Quando se utiliza para o revestimento, argamassas com uma capacidade menor de reter água, e esta for aplicada sob substrato com alta absorção, ocorre uma conjuntura de fatores que favorece a criação de um grande fluxo de água da argamassa para o substrato. Esta quantidade de água absorvida pelo substrato pode ser tamanha que a quantidade que restar na camada de argamassa pode ser insuficiente para que ocorram as reações de hidratação do aglomerante hidráulico, podendo causar uma retração elevada logo após a aplicação, prejudicando a aderência (MOURA, 2007).

Para caracterizar a absorção de água de um substrato a ASTM C-67 (1992) prescreve o método de ensaio para a obtenção da taxa inicial de absorção, denominado de IRA. Um ensaio semelhante a este pode ser encontrado na NBR 15270-3 (ABNT, 2005), que visa estabelecer métodos de execução de ensaios para blocos cerâmicos. O ensaio basicamente consiste na determinação da massa de água absorvida, por meio da sucção capilar no primeiro minuto. Paes (2004) quando comenta este ensaio, menciona a existência de vários trabalhos que classificam o IRA como a propriedade do substrato mais influente na resistência de aderência, devendo sempre considerar essa absorção com a capacidade de retenção de água da argamassa de revestimento. A mesma autora cita que este comportamento não se repete em todas as pesquisas. Isto se deve pelo fato de o IRA não ser representação fiel da absorção da água do substrato, em relação à argamassa ao longo do tempo, medindo apenas o conteúdo dos poros capilares do substrato em relação à água livre (GALLEGOS<sup>4</sup> 1995 apud PAES, 2004). Neste contexto cabe salientar que o comportamento observado para a absorção de água, estabelece um parâmetro, mas este não determina o mesmo comportamento para a argamassa.

---

<sup>4</sup> GALLEGOS, H. **Adhesión entre mortero y las unidades de albañilería**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, n. 1, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia, UFG/ANTAC, 1995. p. 117-133.

Segundo Paes<sup>5</sup> (2004) e Brocken et al.<sup>6</sup> (1998 apud PAES, 2004) no caso dos revestimentos convencionais para obter uma maior trabalhabilidade é adicionada uma grande quantidade de água, e ainda que se perca parte para o substrato e para o ambiente a quantidade de água restante na argamassa ainda é suficiente para que ocorra uma total hidratação do cimento anidro. Não sendo constatado diferenças de hidratação ao longo da espessura da argamassa, encontrando elevado nível de hidratação do ligante.

Isto serve para argamassas convencionais, as quais a dosagem não foi resultado de estudo prévio e onde a quantidade de água não é limitada pelo fabricante e a espessura geralmente é maior que as espessuras praticadas na utilização do revestimento decorativo monocamada. Neste sentido, para evitar a diminuição da resistência de aderência sobre substratos com alta taxa de absorção, levando a uma rápida retração plástica, causando microfissuras na interface, que seriam responsáveis pela diminuição da resistência de aderência, se utiliza uma dosagem diferenciada, principalmente ao que se refere ao uso de aditivos para controlar esses fenômenos.

Para melhorar o desempenho do sistema de revestimento, as diferentes bases podem ser preparadas antes de receber o revestimento. Segundo Moura (2007), para substratos como o concreto, que geralmente possuem porosidade reduzida e não se pode alterar a sua microestrutura, a solução é alterar a superfície, aumentando a ancoragem do revestimento. Já em revestimentos onde o problema está relacionado com a alta absorção ou alta temperatura o pré-umedecimento, obtido através da aspersão de água, pode ser utilizado, devendo tomar o cuidado de evitar a saturação da base. Ainda segundo Carasek et al.<sup>7</sup> (2001 apud PAES, 2004) este excesso de água na superfície pode acarretar em uma baixa adesão inicial, prejudicando a aplicação.

No caso dos revestimentos decorativos monocamada, para manter a espessura normal, defeitos e irregularidades do substrato, que estejam acima da capacidade de regularização deste tipo de revestimento, devem ser previamente regularizadas. Saliências superiores a 1/3 da espessura média do revestimento devem ser desbastadas e reentrâncias onde o revestimento tiver que ultrapassar o máximo permitido em zonas pontuais (40 mm) devem ser previamente preenchidas, podendo este preenchimento ser feito com a própria

---

<sup>5</sup> Neste trecho do texto o autor citado indica que consultou o trabalho de Groot, de 1993, cujo título é **Effects of water on mortar: brick bond**, que teria sido desenvolvido na Technische University Delft.

<sup>6</sup> BROCKEN, H. J. P.; SPIEKMAN, M. E.; PEL, L.; KOPINGA, K.; LARBI, J. A. Water extraction out of mortar during brick laying: A NMR study. **Matériaux et Constructions**, v. 31, n. p. 49-57, Jan-Feb 1998.

<sup>7</sup> CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4º, Brasília, 23 a 25 de maio de 2001. Anais. Brasília, UnB/ANTAC, 2001. p. 43-67.

argamassa monocamada, desde que esse não ultrapasse 20 mm. Caso isto ocorra, será necessário o encasquilhamento, e estas correções deve ser feitas pelo menos 48 horas antes da aplicação da camada final de revestimento (CSTB, 1993; QUINTELA, 2006).

Em alvenarias de tijolos onde houver juntas de argamassa espessas, para evitar o aparecimento de manchas, fantasmas como pode ser visto na figura 2, recomenda-se que seja aplicada a argamassa de revestimento em duas camadas e que se aguarde alguns dias entre estas camadas, ou que se aplique previamente um “emboço”. E em alvenarias que utilizam o sistema chamado de junta seca, as juntas com aberturas maiores que 5 mm devem ser fechadas, respeitando 48 horas antes da aplicação do revestimento (CSTB, 1993; QUINTELA, 2006).



Figura 2: aparecimento de “fantasmas” em revestimentos decorativo monocamada (FREITAS e ALVES, 2009)

ANFAPA, em parceria com o ITEC (2008), atribuem como sendo dois os principais fatores responsáveis pelo aparecimento da manifestação ilustrada na figura 2: o primeiro conhecido como termoforese e o segundo relacionado a variação de cor ou tonalidade, pela absorção diferenciada da água de amassamento contendo pigmento no momento da aplicação da argamassa. O fenômeno conhecido como termoforese, está ligado a aplicação do revestimento sobre superfícies com diferentes condutibilidade térmica, o qual é influenciado também pela espessura insuficiente do revestimento, a qual não consegue uniformizar diferenças de absorção e umidade do substrato. O mesmo fenômeno pode ocorrer em função de infiltrações através de umidade capilar e fissuras.

O sistema de revestimento de argamassa decorativo monocamada também é bastante utilizado em obras antigas, sendo de especial cuidado o preparo da base nesses casos. O

substrato deverá se apresentar livre de revestimentos antigos com baixa aderência ou integridade, de tintas ou outros materiais orgânicos. Também se deve aprofundar nas juntas, para promover uma maior extensão de aderência, devendo por fim estar completamente limpo e sem poeira de qualquer origem (CSTB, 1993; QUINTELA, 2006).

### 2.3.2 Preparo da argamassa

Segundo Quintela (2006), a fase de preparo da argamassa está fortemente relacionada com as características finais, influenciando o desempenho do revestimento, tonalidade e uniformidade. Para evitar variações de tonalidade deve se manter constante a quantidade de água (deve-se respeitar a quantidade especificada pelo fabricante), além do procedimento de mistura da argamassa. Outra recomendação é que se utilize sempre um número inteiro de sacos e que não seja adicionado nenhum outro material na mistura (CSTB, 1993).

A mistura deverá ser efetuada mecanicamente podendo ser utilizado argamassadeira, para a aplicação manual, ou na própria máquina de projeção, para aplicação com projeção. O uso adequado do equipamento de mistura deve ser especialmente observado quando se utiliza argamassas com aditivos. Para que a consistência e a densidade de massa se mantenham constantes deve-se estabelecer uma velocidade e um tempo de mistura constantes (QUINTELA, 2006).

O CSTB (1993) afirma que se deve tomar cuidado com o excesso de água, e que em argamassadeiras, a pressão e o fluxo de água devem ser mantidos constantes. O mesmo texto também afirma que o tempo de utilização dessa argamassa, após a mistura, é cerca de 1 hora. Cabe ressaltar que nos últimos 20 anos, desde esta aplicação, houve um grande avanço na indústria petroquímica, e conseqüentemente nos aditivos, de qualquer forma a mistura interfere no desempenho final do produto.

Manifestações patológicas associadas ao aspecto (aparência) podem estar relacionadas com o processo de mistura. A falta de controle no processo de preparo da argamassa pode interferir na homogeneidade da cor. Os principais aspectos a serem observados estão ligados à água (quantidade/qualidade), método ou tempo de mistura e no caso do uso de projeção, com variações no fluxo de água). A heterogeneidade ou o tempo excessivo da mistura (incorporação excessiva de ar) podem ser associados a variações de aspecto relacionadas com a textura (ANFAPA e ITEC, 2008).

### 2.3.3 Aplicação da argamassa

Segundo Crescencio (2003), antes da fase de aplicação, deve-se fazer uso de perfis em “U” como mestra, servindo como referência e garantido a espessura desejada nos panos a serem revestidos. Deve-se atentar para algumas condições climáticas desfavoráveis, não devendo ser aplicado sob chuva, nem sob elevada umidade relativa do ar, bem como em temperaturas que não estejam dentro da faixa recomendada (5 a 40° C) (WEBER, 2011).

O CSTB (1993), afirma que os revestimentos não podem ser aplicados em temperaturas de congelamento da água, geralmente assumindo como inadequadas temperaturas abaixo dos 5° C. Esta mesma referência ainda chama a atenção para cuidados com o aparecimento de eflorescências, utilizando-se então como condição limite a temperatura de 8° C durante períodos de umidade elevada. Além de, em temperaturas mais elevadas, a partir de 30°C, ou com ventos somados a uma baixa umidade relativa, devem ser tomadas medidas especiais para evitar o dessecamento prematuro da argamassa de revestimento.

Segundo Antunes (2005), a perda de água para o ambiente quando a exposição à elevada, a evaporação ocorre tão logo o revestimento é aplicado, caso não haja algum tipo de impedimento ou se a umidade relativa do ar for inferior a 100%. A mesma autora ainda afirma que esta perda ocorre durante todo o mecanismo de formação de aderência e endurecimento da argamassa. A perda de água para o ambiente é mais rápida no início e perde velocidade à medida que o diâmetro dos capilares diminui, quando a evaporação passa a ser regida pela difusão (DÉTRICHÉ et al.<sup>8</sup>, 1984 apud ANTUNES, 2005). Segundo Moura (2007), o efeito da umidade relativa do ar está relacionado à disponibilidade de água, o que pode beneficiar ou inibir a hidratação do cimento. Quanto à temperatura, a mesma autora observa que esta influencia na velocidade da hidratação dos aglomerantes do revestimento de argamassa.

Nas primeiras horas após a aplicação da argamassa monocamada, pode ocorrer uma deposição de cristais (com origem na hidratação do cimento, água utilizada na mistura ou ainda oriundos de outros materiais de construção) na superfície do revestimento. Este fenômeno geralmente está relacionado com aplicação em condições climáticas adversas (umidade e temperatura). A oscilação destes fatores pode fazer com que ocorra uma variação no tempo de endurecimento da argamassa, possibilitando que estes sais se depositem em maior ou menor quantidade na superfície, esta diferença pode ser percebida como variações de cor no RDM (ANFAPA e ITEC, 2008). O mesmo texto ainda afirma que

---

<sup>8</sup> DÉTRICHÉ, C. H.; GALLIAS, J. L.; GRANDET, J.; MASO, J. C. Mouvements d'eau, hydratation et comportement mécanique des mortiers d'enduit. **Matériaux et construction**, v. 17, n. 100, 1984, p. 297-302.

variações climáticas podem estar relacionadas a variações no tempo ideal de raspagem. Variações na raspagem (ferramentas ou aplicadores diferentes) e a não observação do tempo adequado para aplicação do acabamento final estão relacionadas com variações na percepção do revestimento (ANFAPA e ITEC, 2008).

As espessuras mínimas de aplicação do RDM são de aproximadamente 10 mm, e deve-se evitar também espessuras superiores a 20 mm por camada, pelo fato de aumentar o risco do aparecimento de fissuras. Sendo que em zonas pontuais, como já foi descrito anteriormente, onde forem necessárias espessuras maiores, devem-se aplicar camadas espaçadas por pelo menos 48h, sendo que a espessura nunca deve ultrapassar os 40mm. Estas camadas devem sempre ter espessura superior a 5 mm em todos os pontos. (CSTB, 1993 e QUINTELA, 2006).

Tanto Quintela (2006) quanto Crescencio (2003) recomendam que seja aplicada uma primeira camada fina de RDM (de 5 a 7 mm). Esta recomendação também é encontrada na maioria dos catálogos dos fabricantes. Esta camada tem a finalidade de evitar diferenças de tonalidade em função da absorção diferencial. Trata-se de uma camada que pode ser chamada de sacrifício, pois esta tem a função de minimizar os efeitos da absorção inicial na camada subsequente. Após a aplicação desta primeira camada, deve-se aguardar em torno de 10 minutos para a aplicação da segunda camada. Este tempo recomendado pelo fabricante, na prática, não é tão exato, ou inclusive necessitar de estudos para diferentes condições ambientais e das interações dos diferentes materiais (não faz parte dos objetivos deste trabalho).

De forma geral, deve-se tomar o cuidado de se repetir de maneira uniforme ou constante todas as etapas de aplicação, para evitar a ocorrência de diferença de cor entre panos. Para isso, deve-se evitar interrupções, ou estas devem ser programadas, para que ocorram junto às mudanças de planos do revestimento, havendo assim, a necessidade de planejar a execução dos serviços. Quanto à aplicação do revestimento decorativo monocamada, esta pode ser feita com a utilização de duas técnicas, aplicação mecânica ou manual.

Cabe salientar, de que existem técnicas para facilitar a aplicação e colaborar para diminuir a percepção de diferenças ao longo de uma fachada, neste caso cita-se o friso e outros detalhes arquitetônicos que podem ser adotados. A respeito desta percepção de cor, é possível fazer uso de contrastes entre diferentes cores, de tal forma que o uso de um detalhe com uma determinada cor pode alterar capacidade de percepção humana, fazendo com que não se percebam detalhes antes perceptíveis (baseado na psicologia e percepção das cores apresentada por autores como Pedrosa (2003) e Silveira (2011)).

### 2.3.3.1 Aplicação mecânica

A aplicação mecânica do revestimento é feita através da projeção. Este sistema exige, o uso de um misturador, uma projetora provida de mangote e bico projetor (com sistema de ar comprimido). Este sistema não dispensa o uso de ferramentas de sarrafeamento (régua lisa ou desempenadeira metálica) e raspagem (régua perfil “I” ou desempenadeira “gang nail”). Recomenda-se que seja aplicada uma primeira camada, com espessura de 5 a 7 mm (chamada camada de sacrifício), em movimentos circulares e posteriormente estriada com régua denteada. Após, aproximadamente, 10 minutos, aplica-se a segunda camada (ou demão). A primeira camada tem a função de regularizar o substrato quanto a planicidade, temperatura e capacidade de absorção. Sobre esta camada é aplicada a tela de reforço (em fibra de vidro). A utilização deste reforço é recomendada pelos fabricantes nos encontros estrutura/alvenaria e em cantos que apresentem pontos de concentração de tensão, como cantos dos vãos de janelas e portas (figura 3 e 4 apresentam detalhe da aplicação da tela de reforço). Já a segunda demão, é aplicada em filetes horizontais contínuos, de cima para baixo (figura 5), respeitando o limite de 2 m para a largura das faixas (CRESCÊNCIO, 2003).

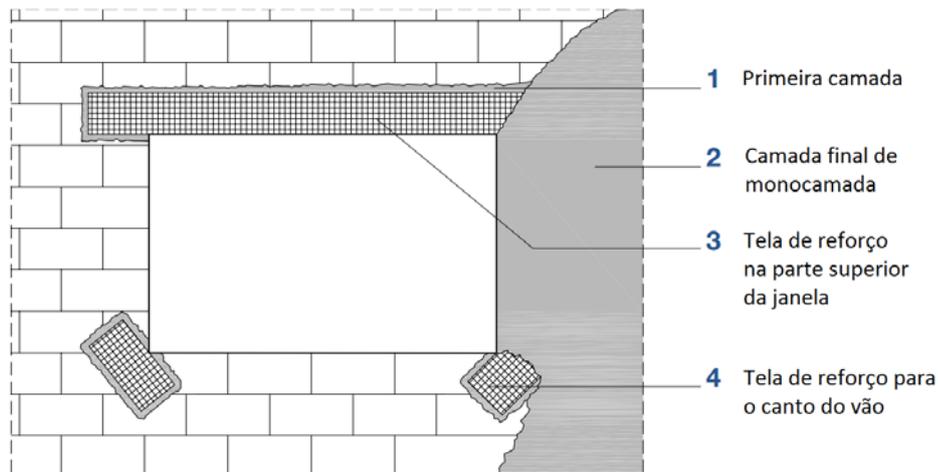


Figura 3: principais aspectos relacionados à instalação do reforço com telas de vidro (adaptado de ANFAPA e ITEC, 2008)



Figura 4: detalhe do aspecto da tela de reforço (ANFAPA e ITEC, 2008)



Figura 5: vista geral da projeção da argamassa decorativa monocamada (adaptado de <http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s>)

Logo após a aplicação da segunda camada, a mesma é imediatamente “alisada” com uma régua denteada, como pode ser visualizado na imagem da figura 6, objetivando remover possíveis vazios e deixar a argamassa o mais plana possível, para posterior sarrafeamento, executado com o lado liso da régua. Após este procedimento deve-se aguardar o tempo adequado para dar o acabamento superficial (CRESCENCIO, 2003 e QUINTELA, 2006).



Figura 6: regularização feita logo após a aplicação da segunda camada (adaptado de <http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s>)

Estes procedimentos fazem parte das recomendações de catálogos de fabricantes da argamassa. No entanto, nem sempre são rigorosamente adotados pelos construtores no momento da execução.

### 2.3.3.2 Aplicação manual

Nesta forma de aplicação, se utiliza desempenadeira metálica. Devendo a mistura ser feita em uma argamassadeira. Aplica-se a primeira camada (5 a 7 mm) com uma desempenadeira ou régua, como mostra a figura 7, utilizando o lado liso, sendo executado o estriamento logo em seguida, da mesma forma que na aplicação mecanizada. Após a aplicação da tela, se necessária, aplica-se a próxima camada, da mesma forma que a primeira, para atingir a espessura especificada, antes de aguardar o tempo necessário para o sarrafeamento. Deve-se deixar a argamassa mais plana possível, este procedimento facilita o sarrafeamento e também auxilia na eliminação de possíveis vazios. Após estas etapas deve-se proceder o acabamento final (CRESCÊNCIO, 2003).



Figura 7: Aplicação manual do revestimento decorativo monocamada (adaptado de [http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-monocamada-pede-projeto\\_5759](http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-monocamada-pede-projeto_5759))

Posteriormente à aplicação do revestimento, observadas as espessuras mínimas especificadas pelo fabricante e os tempos adequados, faz-se os diferentes acabamentos superficiais. De forma geral, podem ser comumente oferecidos 4 tipos de acabamento, Raspado, Chapiscado, Travertino e Raspado alisado. Tratamentos não detalhados nesta pesquisa por não fazerem parte do escopo de estudo desta pesquisa.

### 3 SUBSTRATO

Neste trabalho quando se faz a abordagem a respeito do substrato, em especial ao cerâmico, busca-se estabelecer algumas correspondências entre absorção de água do substrato em relação a sua porosidade (quanto à estrutura, dimensão, forma e quantidade). Quanto aos substratos utilizados neste trabalho, pretende-se correlacionar esta estrutura de poros com o processo de queima dos blocos cerâmicos. Neste sentido, utilizou-se como referência a proposição de Pagnussat (2013). Neste trabalho o autor variou a capacidade de absorção de blocos cerâmicos em função da temperatura de queima utilizada, sendo esta variação de absorção dos substratos cerâmicos foco de análise do presente estudo.

Ao passo que se procura obter um comportamento característico em determinados substratos, é necessário que se estabeleça primeiramente uma relação com o material que estará sujeito a esta sucção. Desta forma, pode-se considerar que logo após a mistura, uma argamassa de revestimento é constituída por um sistema de poros saturados, e no momento em que há o contato entre essa argamassa e um substrato poroso, inicia-se um processo de interação entre as duas faces da interface. Onde há uma tendência de migração de água da argamassa para os poros capilares do substrato (PAES, 2004; ANTUNES, 2005; PAGNUSSAT, 2013).

Paes (2004), Antunes (2005) e Pagnussat (2013) descrevem este processo inicial de sucção e adesão da argamassa com a base, em sua maioria, para retratar o processo de formação de resistência de aderência da argamassa com a base. Inicialmente, a absorção da base está relacionada diretamente com uma menor pressão hidrostática do substrato em relação à argamassa, que possui poros maiores. Inferindo-se, dessa forma, que a dimensão e a conectividade dos poros influenciam na capacidade de sucção do substrato (ANTUNES, 2005). Dado início ao processo de absorção, ocorre um aperto mecânico das partículas sólidas da argamassa, causando uma diminuição dos poros capilares da argamassa. Esta diminuição, juntamente com a saturação dos poros do substrato, diminuirá a intensidade do fluxo até que haja um equilíbrio hidrostático entre o revestimento e o substrato (PAES, 2004).

Paes (2004) ainda cita que este fluxo de água entre o substrato e a argamassa, no estado fresco, além de fatores da argamassa (materiais constituintes e aspectos reológicos) e o potencial de sucção do substrato (quantidade, forma e diâmetros dos poros), também é influenciado pela espessura do revestimento utilizado. Pagnussat (2013) salienta que condições ambientais também possuem influência na interação entre a argamassa e o substrato.

Carasek (1996) buscou estabelecer uma relação entre a resistência de aderência de revestimentos de argamassa e substratos porosos. Neste sentido, a autora percebeu que a estrutura de poros de um substrato pode ter formas e dimensões distintas, sendo classificados em microporo (diâmetro  $< 0,1 \mu\text{m}$ ), poro capilar ( $0,1 \mu\text{m} < \text{diâmetro} < 20 \mu\text{m}$ ), macroporo (diâmetro  $> 20 \mu\text{m}$ ) e poros não acessíveis (cavidades fechadas). Sendo apontado, pela mesma autora, que apenas os poros capilares estão relacionados à capacidade de sucção de água pelo substrato.

Quanto ao tipo de substrato utilizado, existe uma diferença na forma e maneira que os poros estão dispostos. Bases sinterizadas, como tijolos e blocos cerâmicos, apresentam uma tendência a ter uma rede de poros similares a condutos cilíndricos com uma textura suave. Enquanto que substratos de base cimentícia, tendem a apresentar uma estrutura de poros comparáveis a esferas cilíndricas com uma textura mais rugosa (GALLEGOS<sup>9</sup>, 1995 apud PAGNUSSAT, 2013). Na tabela 1, são apresentados alguns exemplos de porosidades em tijolos produzidos com diferentes matérias-primas.

Tabela 1: exemplos de porosidade de tijolos produzidos com diferentes matérias-primas (WHITELEY et al<sup>10</sup>, 1977 apud CARASEK, 1996)

Material do tijolo	Porosidade total (%)	Distribuição dos poros (%) em relação ao seu diâmetro ( $\mu\text{m}$ )				
		$\varnothing < 0,1$	$0,1 < \varnothing < 1$	$1 < \varnothing < 10$	$10 < \varnothing < 100$	$\varnothing > 100$
Cerâmico	30	0	3	26	65	6
Sílico-calcário	31	29	13	10	29	19
Concreto-celular	37	14	49	14	24	0

Pagnussat (2013), citando JACKSON e DIHR (1994)<sup>11</sup>, afirma que as dimensões típicas dos poros encontrados em tijolos cerâmicos varia entre 1 a 10  $\mu\text{m}$ . Observando-se que estes

<sup>9</sup> GALLEGOS, H. **Adhesión entre mortero y las unidades de albañilería**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, n. 1, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia, UFG/ANTAC, 1995. p. 117-133.

<sup>10</sup> WHITELEY, P. et al. **Porosity of building materials** – A Collection of Published Results. Journal of Oil and Colors Chemists Association, n.60, p. 142-150, 1977.

<sup>11</sup> JACKSON, N. E DIHR, R. K. Civil Engineering Materials. London: MacMillan press Ltd., 1994.

encontram-se exatamente na faixa dos poros capilares, como já apresentado anteriormente. Segundo Khalaf e Wilson<sup>12</sup> (1999 apud PAGNUSSAT, 2013), em um elemento cerâmico a porosidade deste é dependente da qualidade da argila utilizada, da temperatura e tempo de queima.

Segundo Pureza (2004), o processo de queima (tempo e temperaturas de queima) a ser adotado em um processo, depende da composição da matéria-prima e das propriedades desejadas do produto final. O mesmo autor também pondera que durante a queima, processo que promove a sinterização e/ou vitrificação da massa cerâmica, ocorrem variações na densidade, porosidade e conseqüentemente alterações nas propriedades mecânicas do material. A obtenção das características desejadas possui uma estreita relação com as transformações físicas e químicas que ocorrem durante a queima, e estas relações com a temperatura de queima podem ser resumidas da seguinte forma (PUREZA, 2004):

- a) até 200°C, basicamente ocorre perda de água;
- b) entre 350°C e 650°C, ocorre a combustão das substâncias orgânicas e a dissociação de sulfetos;
- c) de 600°C a 800°C, colapso do retículo dos argilominerais com liberação da água de constituição;
- d) entre 800°C e 950°C, ocorre a decomposição dos carbonatos com liberação de CO<sub>2</sub>;
- e) de 950°C a 1000°C, ocorrem reações da sílica e da alumina com outros elementos presentes, formando assim, os silicoaluminatos (responsáveis por conferir ao corpo cerâmico as propriedades físico-mecânicas características);
- f) acima de 1000°C, ocorre o amolecimento e a fusão dos silicoaluminatos além da formação de uma fase vítrea (responsável por conferir ao corpo cerâmico, dureza, compactação, impermeabilidade e resistência mecânica).

Neste sentido, pode-se citar Pagnussat (2013) que obteve as seguintes características após a queima controlada de blocos cerâmicos (tabela 2). O mesmo autor também determinou o comportamento da absorção de água destes blocos no período de 24h (figura 8), podendo se observar o comportamento similar entre os blocos queimados em 700 e 800°C e os

---

<sup>12</sup> KHALAF, F.M.; WILSON, J.G. **Strength Assessment of Clay Bricks Using Porosity Dependent Techniques**. The Masonry Society Journal. v.17 n.1, 1999. p.9-19.

queimados em 900 e 1000°C, e a diferença obtida nos dois grupos gerados. Salienta-se o comportamento inicial, logo após o contato até os 180 minutos. Desta forma pode-se observar que o autor conseguiu imprimir comportamentos relacionados à absorção dos blocos cerâmicos através da variação da temperatura de queima, sendo a velocidade de absorção maior para blocos com queimas em temperaturas maiores (figura 6).

Tabela 2: características dos blocos cerâmicos produzidos por Pagnussat (2013)

	<i>Temperatura de queima adotada</i>			
	700°C	800°C	900°C	1000°C
Absorção inicial de água (IRA) (g/194cm <sup>2</sup> /min)	9,08	9,78	14,43	14,73
Absorção por capilaridade em 24 horas (%)	7,04	8,20	10,87	11,28
Resistência mecânica à compressão (MPa)	3,77	6,93	11,89	12,57

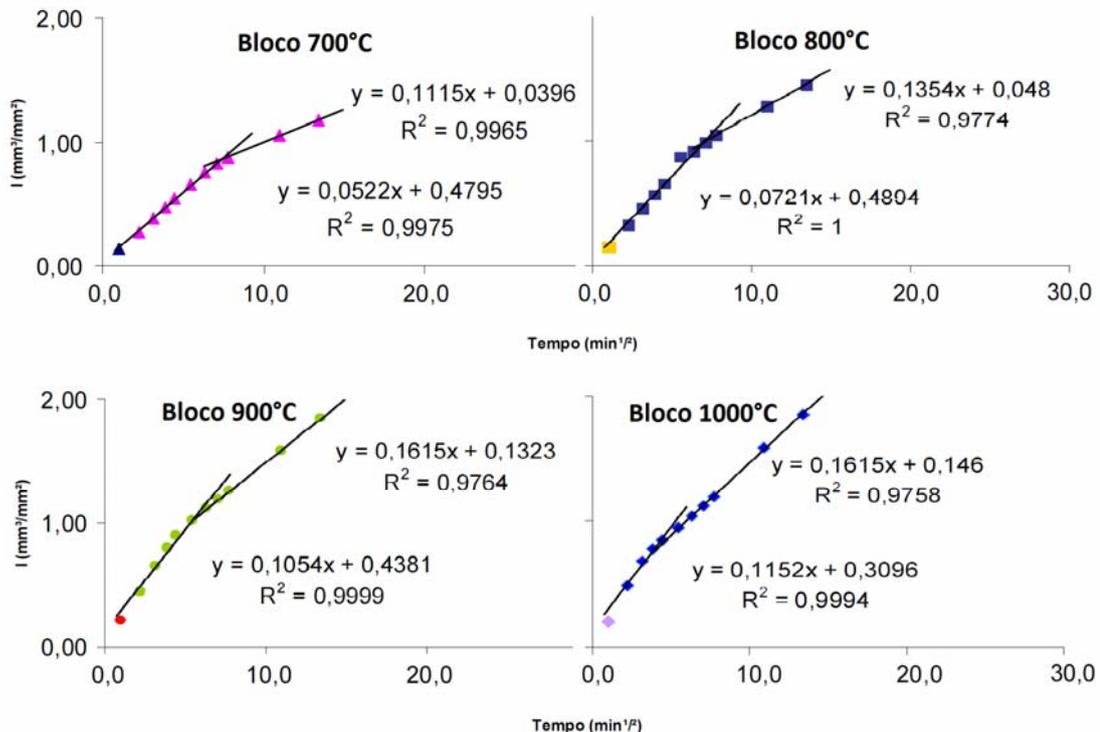


Figura 8: Perfil de absorção de blocos cerâmicos após diferentes temperaturas de queima (adaptado de PAGNUSSAT, 2013)

Para explicar esta diferença de comportamento, foi determinada a porosidade por intrusão de mercúrio dos blocos cerâmicos (figura 9).

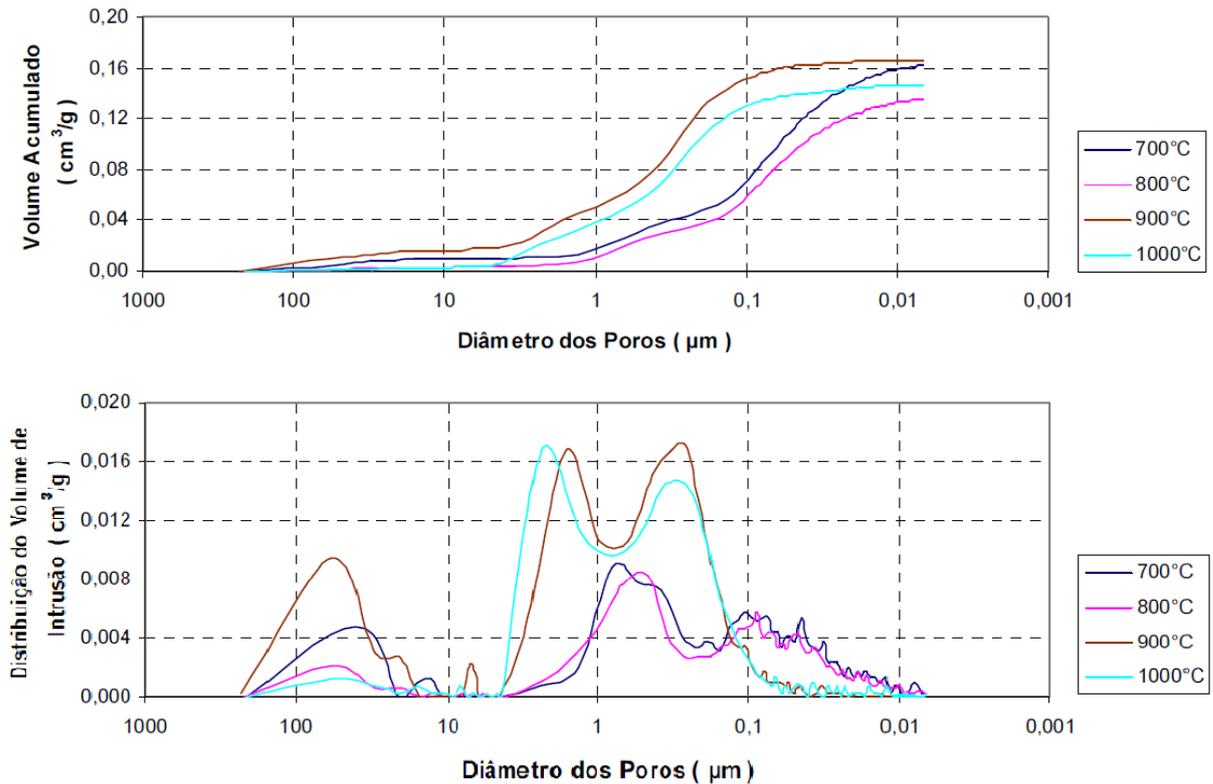


Figura 9: distribuição e poros nas amostras de blocos cerâmicos com diferentes temperaturas de queima (adaptado de PAGNUSSAT, 2013)

Observa-se que, principalmente na faixa de na faixa de 0,1 a 10 µm, a similaridade entre o comportamento dos blocos queimados a 700 e 800°C, da mesma maneira que entre os blocos queimados a 900 e 1000°C (PAGNUSSAT, 2013). Pode-se observar também, para os blocos de 900 e 1000°C um volume maior de intrusão de mercúrio na faixa dos poros capilares. De tal forma que pode-se concluir que foi possível obter alterações na estrutura dos poros das bases cerâmicas a partir da queima em diferentes temperaturas.

## 4 FUNDAMENTOS DE COLORIMETRIA

Neste capítulo é apresentada uma breve contextualização a respeito do estudo da cor, passando pela definição, percepção, medição e representação numérica.

### 4.1 DEFINIÇÃO DE COR

De forma geral a cor pode ser definida como uma sensação produzida quando uma luz com diferentes comprimentos de onda é percebida. Silveira (2011) menciona a importância de se considerar os aspectos físicos da cor, compreendendo fenômenos como a transmissão luminosa para o objeto e então até nossos olhos, o que resulta em uma sensação cromática. Compreender isto, evita que se defina a cor simplesmente pela interpretação do olho humano. O mesmo autor ainda menciona a importância de se diferenciar a cor sem considerar a interpretação humana, antes de se avaliar os efeitos psicológicos dela.

Todos corpos emitem uma radiação eletromagnética, e apenas uma faixa desta radiação é visível (SILVEIRA, 2011). Na figura 10, apresenta-se o espectro eletromagnético e em detalhe na mesma figura o espectro visível, onde nota-se quão pequena é esta faixa em relação ao tamanho do espectro eletromagnético. No século XIX, James Clerk Maxwell mostrou que um raio luminoso tratava-se de uma onda eletromagnética, concluindo que o estudo da luz visível (a óptica) faz parte do eletromagnetismo. Naquele período, as únicas ondas conhecidas eram a luz visível e as radiações infravermelha e ultravioleta (HALLIDAY et al., 2003).

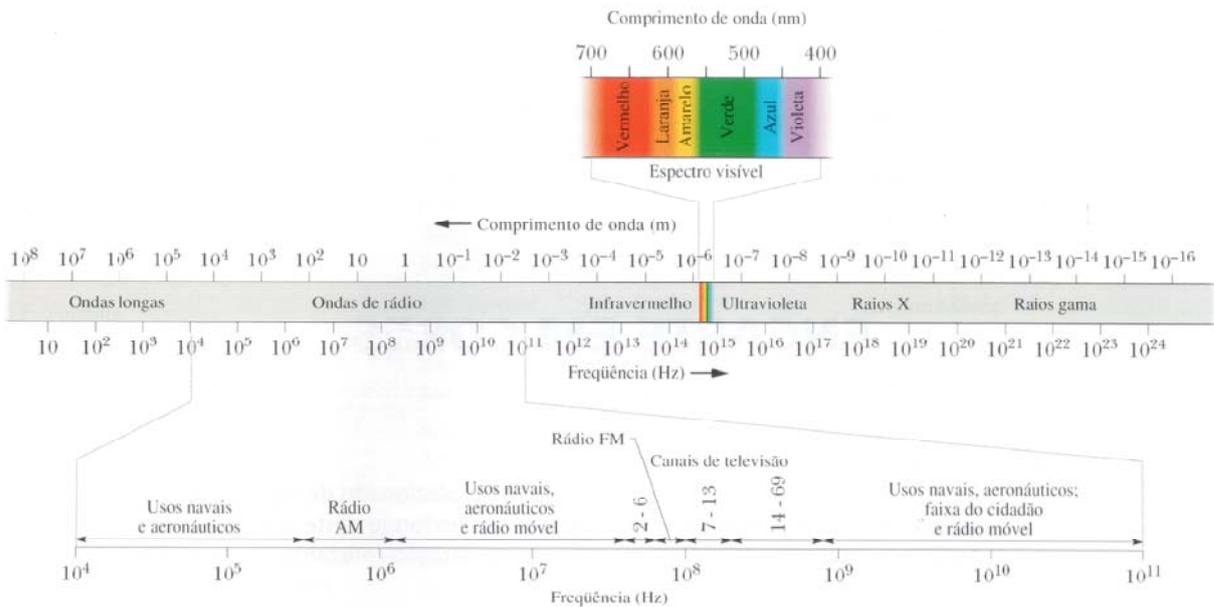


Figura 10: Espectro eletromagnético (HALLIDAY at al., 2003)

Existem diversos estudos que buscam estabelecer teorias sobre emissão e propagação da luz, como as de Newton, Max Planck, Maxwell e Hertz. Estes estudos geraram condições para estudos de óptica, ondulatória e corpuscular. Atualmente o conceito de luz adota propriedades ondulatórias e corpusculares. Onde se refere à cor como onda, considera-se a óptica física, e quando se considera como partículas, considera-se a óptica quântica. Para a física, a cor percebida de um corpo é definida pela interação entre a luz e o objeto. Cada objeto possui uma capacidade de absorver, refratar ou refletir a luz incidida sobre ele, e esta capacidade os faz coloridos (SILVEIRA, 2011).

Além das propriedades relacionadas ao objeto e a luz incidida sobre ele, a percepção da cor do objeto para o ser humano depende de nosso órgão receptor, o olho. A figura 11 apresenta a sensibilidade relativa do olho humano, nesta faixa visível do espectro eletromagnético. Pode ser observado, ainda na mesma figura, que no comprimento de onda próximo a 550 nm a sensibilidade é maior, reduzindo assintoticamente para zero, limitando assim, a faixa de luz visível (HALLIDAY at al., 2003).

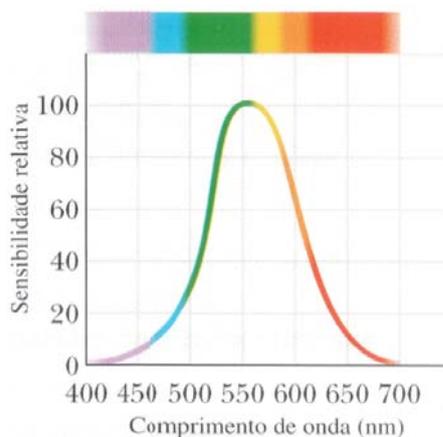


Figura 11: Sensibilidade relativa do olho humano a ondas eletromagnética de diferentes comprimentos de onda (HALLIDAY et al., 2003)

## 4.2 PERCEPÇÃO DE COR

A percepção visual da cor está diretamente relacionada a três fatores como determinantes, a fonte luminosa, o objeto e o próprio observador, trata-se de um modelo consolidado, e foi citado por diferentes autores como Passuelo (2004), Fioretti (2010), Silveira (2011) e Lopes (2012). Passuelo (2004) salienta ainda um quarto fator, a disposição no espaço.

Pode-se dizer então que a sensibilidade de percepção da cor é essencialmente subjetiva, estando sujeito a fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (LOZANO<sup>13</sup>, 1978 apud GLIESE, 2003). Em função disso, passa a ser necessário padronizar uma série de fatores para a medição de parâmetros colorimétricos. A figura 12 representa como a percepção de cor pode estar sujeita a variação na percepção, simplesmente pela variação de luminosidade, onde durante o dia podia ser identificado como um verde claro e à noite como uma cor mais próxima do azul. Neste caso, a luminosidade é o fator causando interferência, evidenciando necessidade de padronizar todos os fatores envolvidos durante a medição.

### 4.2.1 Fonte luminosa

Segundo Passuelo (2004), a fonte luminosa está diretamente relacionada com a cor que será percebida pelo observador. Fontes luminosas diferentes, como exemplo lâmpadas fluorescentes, incandescentes e a luz natural do dia, certamente irão proporcionar diferentes percepções de cor. Neste sentido, a NBR 15077/2004 padroniza o iluminante D65 como referência para comparação de cor. Este iluminante corresponde à irradiação solar média do dia.

<sup>13</sup> LOZANO, R.D. **El color e su medición**. Editorial Americalee SRL, Buenos Aires, 612p., 1978.

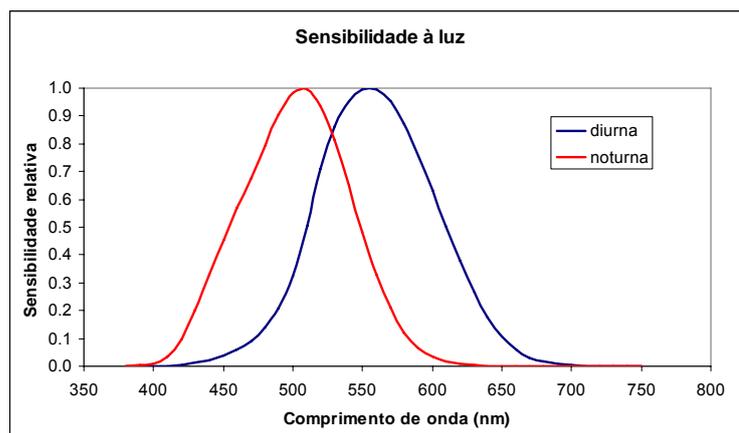


Figura 12: Variação da percepção de cor em função da luminosidade do dia (GLIESE E PETER, 2004)

#### 4.2.2 Objeto

Segundo Santos e Quindici (2005), quando um objeto é atingido por uma fonte luminosa, esta sofre modificações devido a basicamente a dois fatores: geometria e cor do objeto. Quanto à primeira, esta está relacionada com a constituição do objeto, que determina fatores como brilho, transparência e rugosidade, podendo-se definir um objeto em opaco, opaco metálico, translúcido ou transparente. Quanto aos fatores ligados a cor, estes estão relacionados com pigmentos e corantes presentes no objeto.

Quando a luz incide sobre um objeto quatro fenômenos principais ocorrem simultaneamente, parte da radiação é refletida de forma especular (normalmente observada como o brilho), outra parte da radiação atravessa o material e é transmitida, parte desta luz absorvida é transformada em calor ou acaba promovendo alterações químicas. Além disso, parte desta luz ainda pode sofrer espalhamento, estando este fato relacionado com irregularidades e heterogeneidades próprias do material (GLIESE, 2003). Segundo o mesmo autor, a refletância pode ir de regular a difusa, o que pode ser observado na figura 13. Rochas ornamentais que recebem tratamentos em diferentes níveis de polimento.

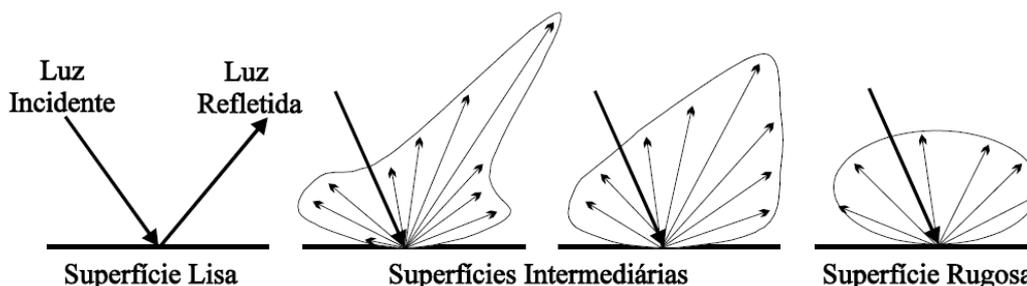


Figura 13: comportamento da luz refletida de acordo com a rugosidade superficial do objeto (GLIESE, 2003)

### 4.2.3 Observador

Segundo Silveira (2011) pode-se considerar que os olhos humanos são instrumentos com extrema capacidade perceptiva, fazendo com que o homem seja dependente de seu funcionamento para conseguir perceber o mundo visual com maior precisão. Na prática, os olhos tem a função de traduzir raios luminosos para o cérebro. A percepção de cor está diretamente relacionada com a retina, membrana fotossensível onde encontram-se aproximadamente 100 milhões de bastonetes (ligados a visão noturna e periférica, insensíveis à diferenças de cor) e 7 milhões de células fotorreceptoras, os cones (destinados a visão diurna, capazes de perceber diferenças de cor) (SILVEIRA, 2011).

Quanto ao campo de visão, inicialmente considerou-se que o ângulo de 2° seria o mais adequado para representar o campo de visão humano, uma vez que nessa região há uma maior concentração de bastonetes. No entanto, posteriormente percebeu-se que o campo de visão de 10° aproxima-se mais do campo de visão humano, pois assim pode-se perceber também, através dos bastonetes, diferenças de luminosidade. Sendo adotado atualmente o ângulo de 10° como referência para uma maior percepção de detalhes de um objeto (GLIESE, 2003; PASSUELO, 2004; SANTOS E QUINDICI, 2005; LOPES, 2012).

## 4.3 SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE COR

Frente ao exposto, percebe-se a necessidade de se encontrar formas de padronizar as formas de medição de cor. Neste sentido, surgem algumas organizações padronizadoras, segundo Gliese (2003), pode-se citar como as principais:

- g) CIE (*Comission Internationale d'Eclairage*);
- h) TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry);
- i) ASTM (American Society for Testing and Materials);
- j) ISO (International Standards Organization).

Gliese (2003) coloca que os parâmetros colorimétricos baseiam-se no espectro de refletância do material. Para medir este espectro de refletância são utilizados espectrocolorímetros, que seguem geometrias de medição padronizadas.

### 4.3.1 Geometrias de medição de cor

A maneira que se distribui no espaço a fonte luminosa, o objeto e o observador estão diretamente relacionados a percepção de cor. Sendo então necessário padronizar a geometria de exposição para realizar alguma medição ou comparação de cor (PASSUELO,

2004). As geometrias mais comuns são apresentadas esquematicamente na figura 14 (GLIESE, 2003). O sistema de medição unidirecional (0/45) fornece iluminação de uma única direção. No sistema de esferas integradoras de iluminação difusa a luz é emitida e espalhada por toda esfera, formando uma iluminação difusa (FIORETTI, 2010), conhecida como geometria d/0.

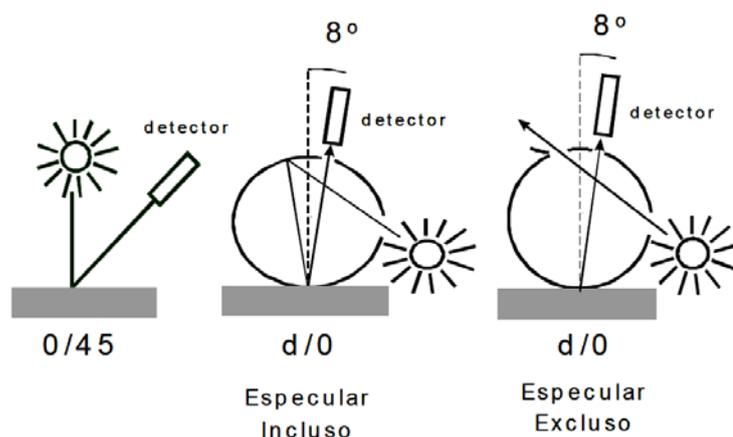


Figura 14: representação esquemática das principais geometrias de medição (GLIESE, 2003)

#### 4.3.2 Equipamentos de medição de cor

Estes equipamentos medem o espectro de refletância do material. Para a medição estes equipamentos são dotados de geometrias de medição padronizadas. Segundo Gliese (2003) a geometria de medição mais usual é a d/0, onde os equipamentos possuem uma esfera oca, conhecida como “esfera de integração”.

Segundo Fioretti (2010), existem basicamente 2 tipos de equipamentos, os colorímetros e espectrofotômetros. Os colorímetros visam interpretar a cor da mesma forma que o olho humano, dispondo de três sensores, um para cada cor básica, segundo o sistema Tristímulus (azul, verde e vermelho) (PASSUELO, 2004). Nos espectrofotômetros, por sua vez, a recepção da luz é feita por múltiplos sensores, cada um sendo sensível a cada comprimento de onda específico, permitindo assim avaliar todo espectro de luz visível. Após o registro completo do espectro, pode-se converter a cor para o sistema ou espaço desejado (PASSUELO, 2004). Na figura 15 pode-se observar, de forma esquemática, o funcionamento dos diferentes equipamentos de medição de cor.

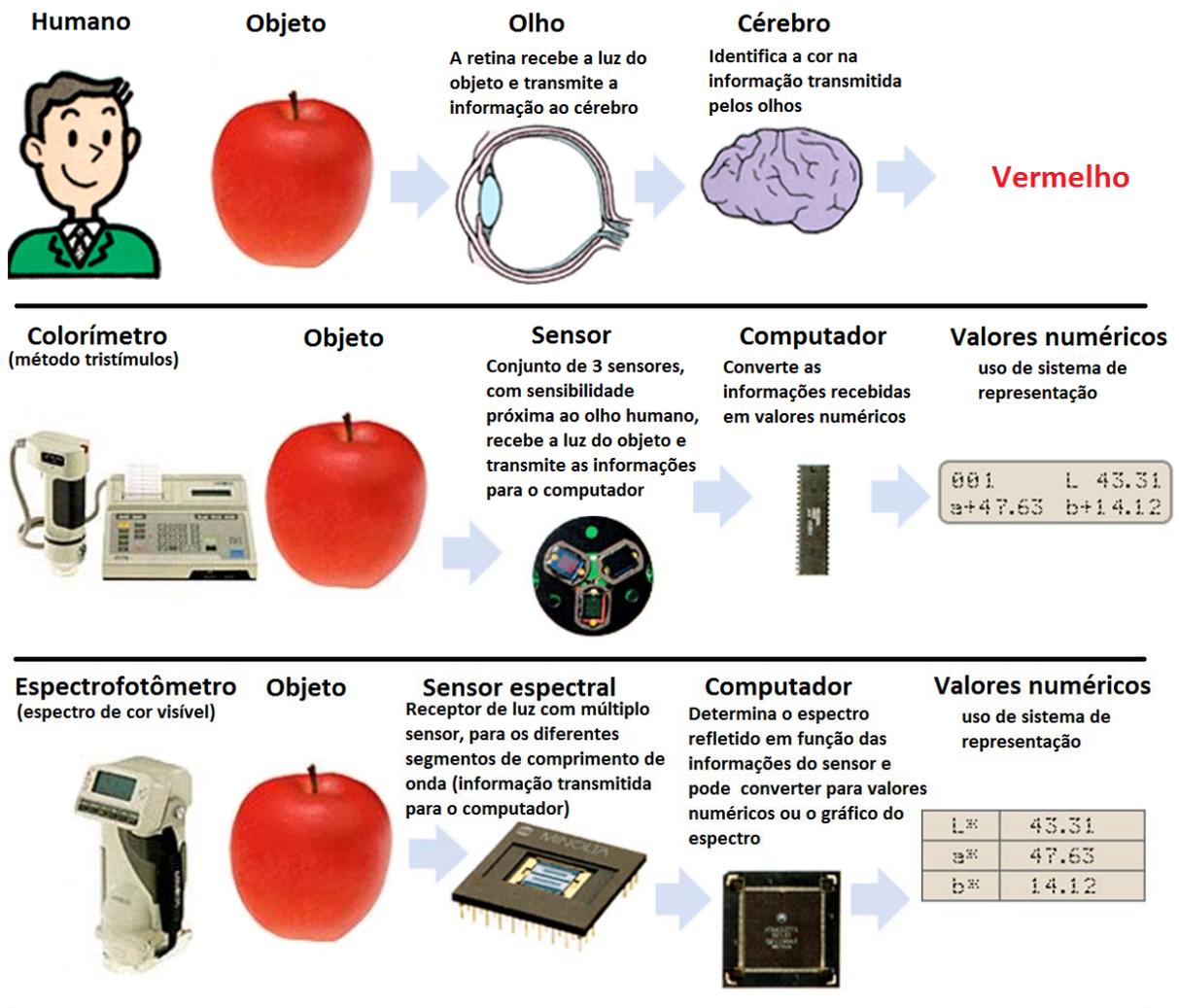


Figura 15: Esquema do funcionamento dos diferentes equipamentos de medição (adaptado de MINOLTA, 2002)

### 4.3.3 Avaliação da cor

Segundo Fioretti (2010), existem diversas formas de avaliar a cor, mas sempre há a necessidade de se quantificar, encontrar um número ou alguma forma de facilitar a comunicação quando se fala de cor. Neste trabalho será abordado o sistema  $L^*a^*b^*$  de representação de cor proposto pela CIE, segundo Gliese (2003), este sistema é o mais utilizado no estudo das cores.

Este sistema, criado em 1976, consiste basicamente em um sistema de coordenadas retangulares que representam o espaço de cor. Nas equações 1, 2 e 3, onde X, Y e Z são as coordenadas do objeto e  $X_0$ ,  $Y_0$  e  $Z_0$  são as coordenadas do branco padrão.

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad \text{Equação 1}$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad \text{Equação 2}$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad \text{Equação 3}$$

Segundo Gliese (2003),  $L^*$  representa a luminosidade da amostra, variando de 0 a 100;  $a^*$  mede a tendência verde-vermelho, sendo que no sentido negativo mede a tendência crescente para o verde e positivo para o vermelho e por último  $b^*$  representa a tendência azul-amarelo, sendo que negativo para a tendência para o azul e positivo para o amarelo. A figura 16 apresenta a representação do sentido dos eixos a esquerda, e o sólido de cor no espaço a direita.

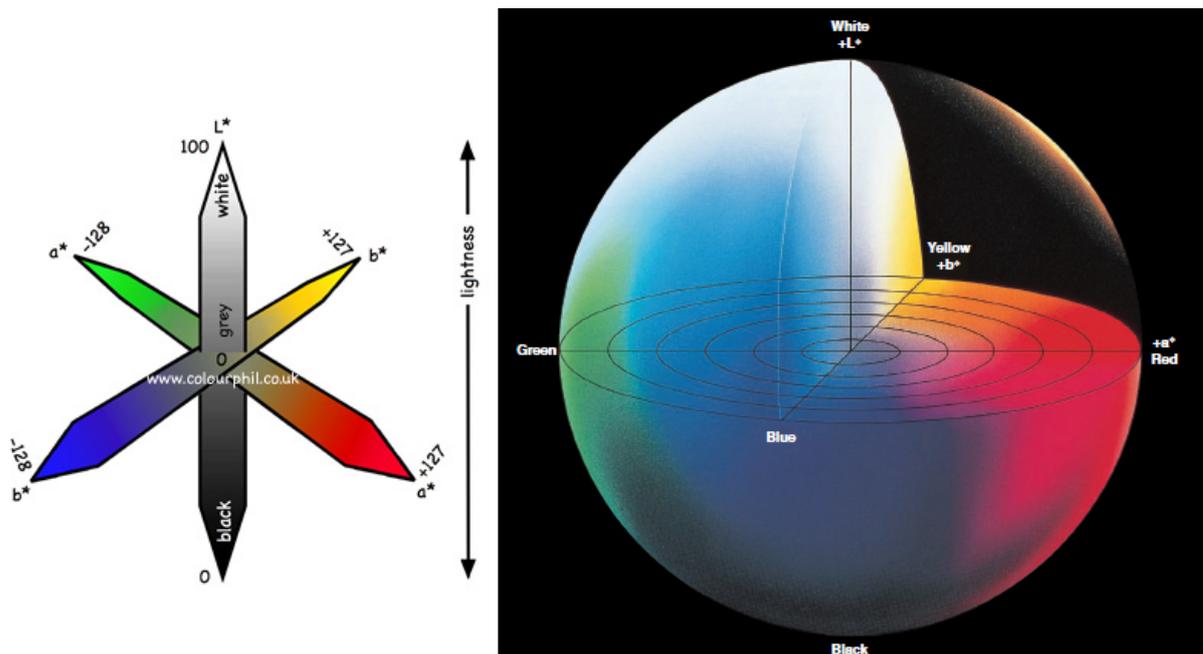


Figura 16: Diagrama esquemático ([http://www.colourphil.co.uk/lab\\_lch\\_colour\\_space.html](http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.html)) e sólido de cor no espaço (MINOLTA 2007).

Usualmente para se especificar a cor de um objeto, determina-se um valor de  $L^*a^*b^*$  padrão e a diferença de cor aceita entre as amostras é o  $\Delta E_{ab^*}$ , ou simplesmente denominado como  $\Delta E$ . As equações 4, 5, 6 e 7 detalham como determinar este termo que corresponde a distância euclidiana entre dois pontos. (GLIESE, 2003).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad \text{Equação 4}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 \quad \text{Equação 5}$$

$$\Delta a = a_2 - a_1 \quad \text{Equação 6}$$

$$\Delta b = b_2 - b_1 \quad \text{Equação 7}$$

Baseado neste sistema, a CIE criou o sistema CIE L\*C\*h. O parâmetro L\*(luminosidade) é o mesmo, e os parâmetros C\* (saturação) e hab (tonalidade) são representados pelas equações 8 e 9. A figura 17 apresenta de forma esquemática o sólido de cores L\*C\*h(°), tratam-se do mesmo sólido L\*a\*b\* porém em coordenadas cilíndricas.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação 8}$$

$$h(^{\circ}) = \arctan\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad \text{Equação 9}$$

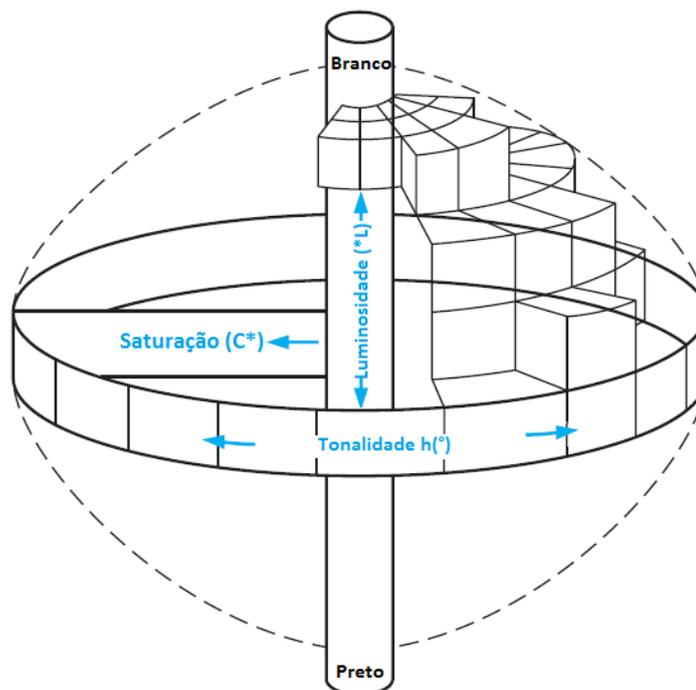


Figura 17: Sistema de medição L\*C\*h(°) (adaptado de MINOLTA,2002)

#### 4.3.4 Variação de cor

Assumindo-se que há uma variação de cor entre os materiais, passa a ser importante determinar quando ou a partir de que valor de  $\Delta E$  propicia-se uma variação de cor perceptível. Segundo Petter e Gliese<sup>14</sup> (2004 apud FIORETTI (2010)) este valor está na

14 PETTER, C. O.; GLIESE, R. **Fundamentos de Colorimetria**. Apostila do Curso de Colorimetria. Laprom, 2004

ordem de 0,2 à 0,5 (diferença considerada muito pequena), valores acima deste intervalo são classificados segundo a figura 18. A tabela constante na figura 16 é utilizada pela indústria de tintas.

Diferenças ( $\Delta E$ )		Classificação
0	0,2	Imperceptível
0,2	0,5	Muito pequena
0,5	1,5	Pequena
1,5	3	Distinguível
3	6	Facilmente distinguível
>6		Muito grande

Figura 18: comparação dos valores das diferenças de com e percepção visual (PETTER E GLIESE<sup>15</sup>, 2004 apud FIORETTI, 2010)

Estes intervalos apresentados serão utilizados como referência para classificar as diferenças de cor obtidas a partir das variáveis de estudo.

---

15 PETTER, C. O.; GLIESE, R. **Fundamentos de Colorimetria**. Apostila do Curso de Colorimetria. Laprom, 2004

## 5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo são apresentadas as definições da metodologia experimental, materiais utilizados e os procedimentos adotados.

### 5.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL ADOTADA

Abaixo está descrita a metodologia experimental utilizada neste trabalho.

#### 5.1.1 Variáveis de resposta (dependentes):

Neste trabalho de forma geral pode-se dizer que foi considerada apenas uma variável de resposta, a cor. Esta variável dependente pode ser definida por diferentes sistemas de coordenadas, como já foi apresentado. Neste trabalho adotou-se o sistema de coordenadas CIELCh e CIELab. Onde para o primeiro, CIELCh, tem-se que  $L^*$  representa a luminosidade (do preto ao branco, em uma escala de 0 a 100),  $C^*$  a saturação da cor (do cinza à máxima concentração de uma tonalidade, utilizando uma escala de 0 a 100) e o  $h^\circ$  que representa a tonalidade ( $0^\circ$  a  $360^\circ$ , passando por todas as cores), este sistema foi utilizado para a análise dos resultados. Adotou-se este sistema por facilitar o entendimento das possíveis variações obtidas em cada um dos fatores. O segundo sistema, CIELab, porém utiliza o fator  $a^*$  e  $b^*$  ao invés dos fatores  $C^*$  e  $h^\circ$ , não passando de uma conversão de coordenadas, de tal forma que um mesmo ponto pode ser definido sem prejuízos matemáticos por ambos os sistemas. Este segundo sistema, por simplificação matemática, foi utilizado para a determinação da diferença de cor entre os diferentes pontos ( $\Delta E_{ab}$ ), podendo ser considerado uma variável dependente secundária.

#### 5.1.2 Fatores controláveis (independentes) e fatores constantes

Como fatores controláveis estabelecidos do programa experimental foram: a absorção do substrato; a variação da espessura do revestimento; a temperatura inicial de cura; e finalmente a variação da relação água/materiais secos. Cada um destes fatores controláveis, sofreram uma determinada variação (ou foram mantidos constantes), conforme o nível de análise proposta, que é descrito na sequência deste trabalho.

Pode-se distinguir basicamente três etapas no programa experimental. A primeira, onde variou-se o potencial de absorção do substrato e a espessura do revestimento, mantendo-se constante os demais fatores (relação água/materiais secos e temperatura de cura inicial). A segunda etapa, onde a relação água/materiais secos sofreu variação, sendo as demais variáveis mantidas constantes (substrato, temperatura inicial de cura e a espessura do revestimento). E por último, a terceira etapa, onde variou-se a temperatura inicial de cura, de forma que o restante das variáveis fossem mantidas constantes (substrato, relação água/materiais secos e a espessura do revestimento).

Para cada uma das três etapas, as variáveis de resposta foram medidas após os seguintes tempos de cura: 7, 14, 21, 28, 56 e 84 dias. Constituindo-se em um fator de controle, que se repete para todos outros.

O fluxograma da figura 19 identifica as três etapas do programa experimental, bem como os diferentes níveis de cada variável controlável (ou constante). A escolha dos intervalos de variação das variáveis de estudo está detalhada na sequência.

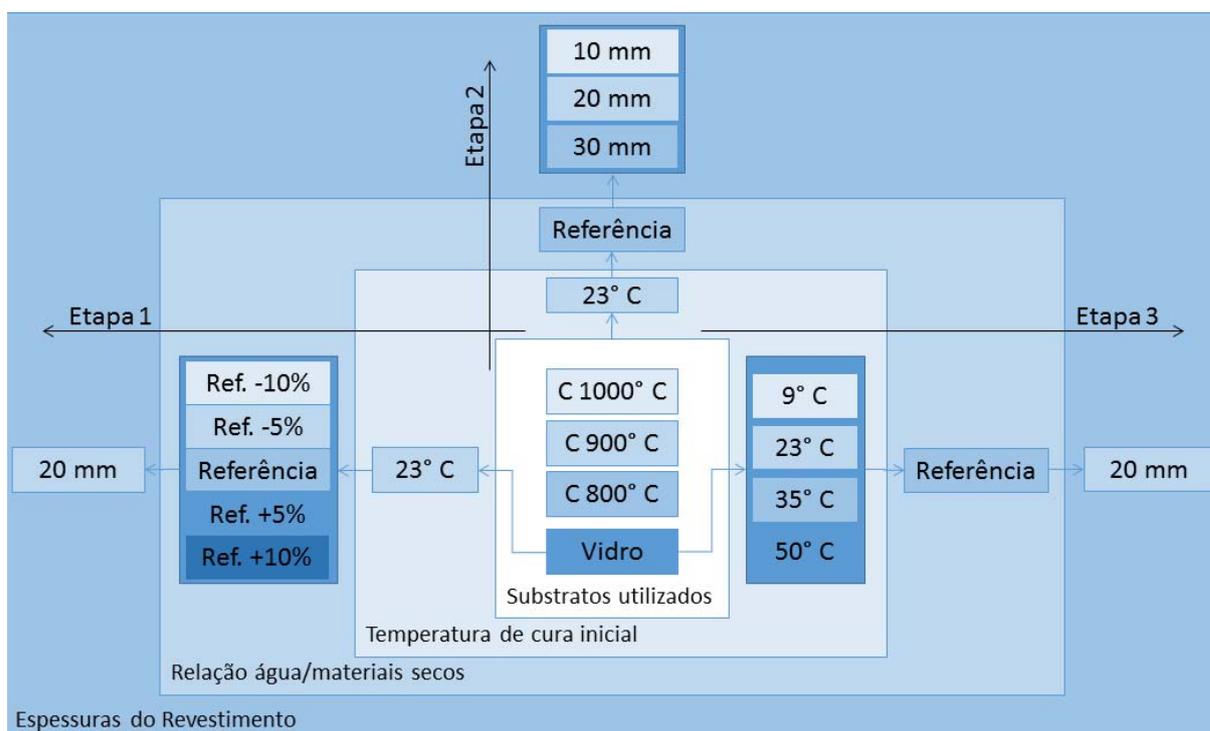


Figura 19: fluxograma da matriz experimental do estudo em questão

#### 5.1.2.1 Substratos utilizados

Neste caso utilizou-se 4 níveis distintos de absorção de água do substrato. Para o primeiro utilizou-se o vidro como substrato, sendo este considerado uma base não porosa, com absorção nula e constante. Para os demais 3 níveis, utilizaram-se 3 bases porosas, sendo

estas obtidas a partir da queima de blocos cerâmicos em diferentes temperaturas. Para queima adotou-se as temperaturas de 800°C (C800), 900°C (C900) e 1000°C (C1000), sendo estas escolhas baseadas no trabalho de Pagnussat (2013). No caso, o autor obteve comportamentos distintos, em relação a absorção destes substratos, em função da variação da temperatura de queima.

#### 5.1.2.2 Temperatura de cura inicial

Para determinar as temperaturas a serem utilizadas considerou-se o mínimo e máximo especificado pelo fabricante (8°C e 35°C respectivamente). Neste sentido, adotou-se uma temperatura próxima ao limite inferior (9°C), uma temperatura intermediária (23°C) e uma temperatura dentro do limite superior, 35°C (dentro da faixa estabelecida pelo fabricante). Além destas, considerou-se interessante a inserção de uma temperatura de 50°C, superior ao limite estabelecido pelo fabricante. A escolha desta temperatura superior é particularmente interessante devido ao fato de serem verificadas situações de obra onde o substrato apresenta uma temperatura próxima a este valor em dias quentes, com temperaturas ambientes na faixa de aproximadamente 25°C.

#### 5.1.2.3 Relação água/materiais secos

A consideração das variações da relação água/materiais secos é de extrema importância quando se considera as condições adotadas em canteiros para estas argamassas. Geralmente produzidas em argamassadeiras de eixo horizontal, onde a quantidade água adicionada é feita manualmente através do controle da vazão, não raro podem ocorrer variabilidades na quantidade final de água adicionada à mistura. Desta forma, neste trabalho, foi proposta a variação da relação água/materiais secos em 5 níveis. Os níveis adotados foram: referência, denominação esta dada a relação de água/materiais secos indicada pelo fabricante. Além deste, adotou-se dois níveis com uma quantidade água menor, e outros dois com uma quantidade maior (referência, referência -10%, referência -5%, referência +5% e por fim referência +10%).

#### 5.1.2.4 Espessuras do revestimento

A partir das especificações do fabricante (que estabelece um valor mínimo e máximo de espessura, 10 e 30mm), selecionou-se uma espessura, aqui considerada como referência, de 20 mm, equivalente a espessura intermediária entre o mínimo e máximo recomendado. Esta espessura referência foi utilizada para as partes deste trabalho que avaliaram o efeito da variação de temperatura, bem como o efeito da alteração da relação água/materiais secos. Para o estudo relativo ao efeito da absorção dos substratos, variam-se as espessuras em 10, 20 e 30 mm. Esta variação, neste último caso particular, é interessante

uma vez que argamassas com espessuras diferentes podem ser influenciadas em maior ou menor grau quanto as suas propriedades (por exemplo, a cor) em função do potencial de absorção do substrato.

## 5.2 MATERIAIS UTILIZADOS

A seguir são apresentados os materiais utilizados nesta pesquisa

### 5.2.1 Obtenção dos substratos

Foram utilizados neste trabalho 4 substratos, 3 cerâmicos queimados a diferentes temperaturas e o vidro. Este último, foi adotado como referência por considerá-lo com absorção zero. Empregou-se um vidro de 3 mm de espessura, cortado em placas de 10x10cm.

Os blocos cerâmicos utilizados foram obtidos em uma empresa de grande porte na região metropolitana de Porto Alegre/RS. Para que fosse possível realizar o processo de queima controlada em diferentes temperaturas, utilizou-se blocos “crus”, antes de passar pelo processo de queima. Utilizou-se apenas blocos produzidos com argila de um mesmo lote, extrudados e secos na própria olaria.

Inicialmente os blocos foram cortados em placas nos tamanhos desejados (aproximadamente 10x19 cm, obtendo-se para cada bloco, 4 placas). Este procedimento foi feito com auxílio de uma serra circular, a seco, tomando cuidado para que não houvesse qualquer dano à superfície de aplicação da argamassa. Este procedimento, anterior ao processo de queima, foi adotado para facilitar o corte, aperfeiçoar o processo de queima e manuseio. Após o corte das placas cerâmicas, essas foram mantidas em estufa a 80°C durante pelo menos 48 horas, tempo suficiente para que a umidade presente no bloco fosse inferior a 3%. Apenas depois destes procedimentos realizou-se o processo de queima.

As placas cerâmicas foram queimadas em 3 diferentes temperaturas, 800°C (B800), 900°C (B900) e 1000°C (B1000), sendo utilizado um forno do tipo Mufla (figura 20) para esse procedimento. As placas foram dispostas dentro do forno de forma a possibilitar a ventilação entre cada peça e evitar que as faces que seriam utilizadas para a aplicação do revestimento ficassem voltadas para as resistências do forno (procedimento adotado para evitar diferenças nos níveis de queima). Os parâmetros fixados para a queima foram: taxa de aquecimento 5°C/min e tempo de patamar (tempo no qual a temperatura adotada é mantida, após o aquecimento) de 6 horas. O resfriamento se deu dentro do próprio forno,

para evitar um resfriamento brusco. Na figura 21, pode-se observar a o aspecto dos blocos após o procedimento de queima.



Figura 20: aspecto da mufla utilizada no processo de queima dos substratos cerâmicos

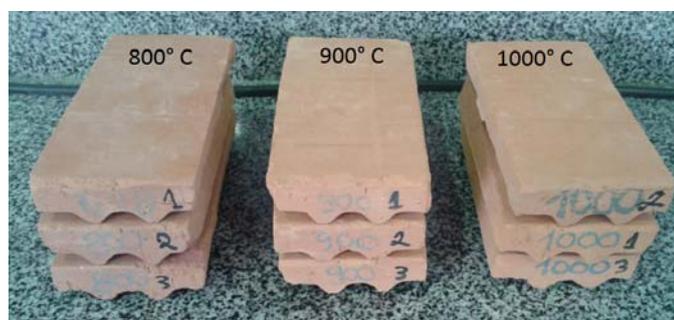


Figura 21: aspecto dos blocos cerâmicos após procedimento de queima, nas temperaturas de 800°C, 900°C e 1000°C respectivamente, da esquerda para a direita.

Para a caracterização dos blocos obtidos após a queima utilizou-se o ensaio de absorção capilar inicial e capilar total após 24 horas. O ensaio de absorção capilar inicial foi feito de acordo com a NBR 15270-3/2005. Trata-se de um ensaio de determinação da taxa inicial de absorção de água, no primeiro minuto após imersão da face do bloco em uma lâmina d'água de 3,2 mm. Foram medidas a massa após constância de massa em estufa a 100°C, a massa seca (ms) após o resfriamento e a massa úmida, após contato com a água (mu). Também foram determinadas as áreas dos blocos que estiveram em contato com a água (A). Neste sentido através da equação 10, foi determinada a taxa de absorção inicial e a absorção total ao longo tempo. Para tanto, foram medidas as massas dos corpos de prova após 1, 10, 20, 60 e 1440 minutos após o contato com a água (estes tempos foram

extrapolados para que se obtivesse um perfil mais amplo). Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3 e na figura 22. Observa-se que existe uma inversão de comportamento entre absorção capilar inicial e a final entre os blocos B800 e B1000. Conforme o que foi apresentado por Pagnussat (2013), queimas a temperaturas mais elevadas (antes do processo de vitrificação) há um estreitamento dos poros capilares (diminuição do afastamento médio das paredes do poro capilar), diminuindo o volume dos poros, mas fazendo com que a tensão capilar aumente. Desta forma, nos blocos B1000 a absorção por capilaridade inicial é maior, mas após 24h ela é menor quando comparada com os blocos B800.

$$ABS(g/194cm^2/min) = \frac{(mu - ms)}{A} \times 194 \quad \text{Equação 10}$$

Tabela 3: Absorção capilar total e inicial de blocos cerâmicos queimados a diferentes temperaturas

Bloco cerâmico	Absorção inicial de água (IRA) (g/194cm <sup>2</sup> /min)	Absorção capilar total em 24h (%)
B800	13,70	14,90
B900	13,78	13,93
B1000	17,64	11,92

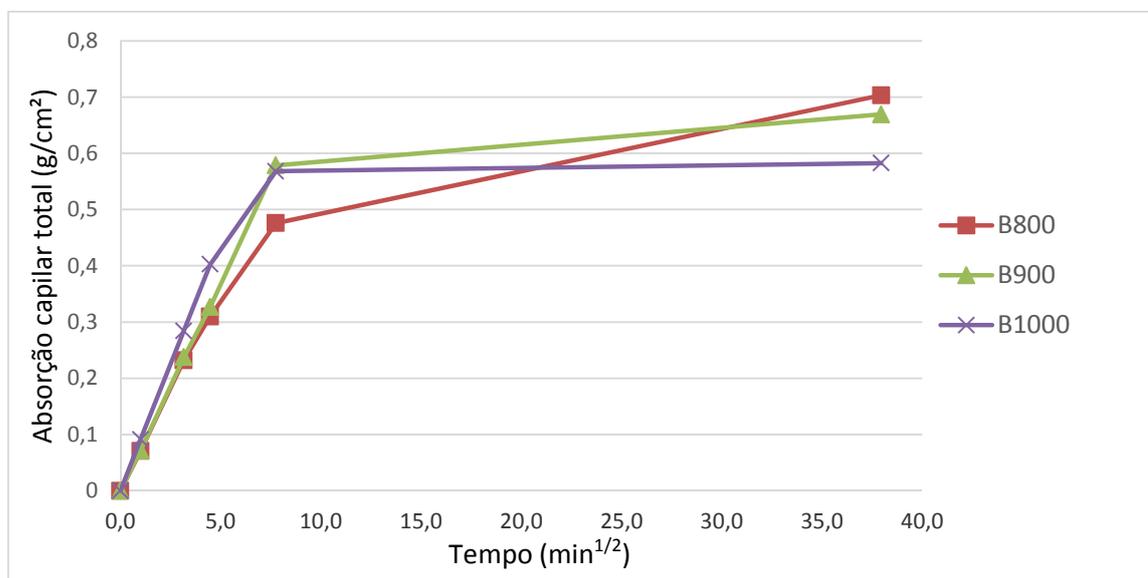


Figura 22: absorção capilar total ao longo do tempo (min<sup>1/2</sup>) de blocos cerâmicos queimados em diferentes temperaturas

Na figura 23 pode-se observar o avanço da frente de absorção nos blocos queimados nas diferentes temperaturas. Pode-se observar que no início (após 10 minutos), alguns sinais de umidade são observados apenas na face superior do bloco B800, isto surge nos pontos

onde existem algumas fissuras, comumente encontradas em blocos com queima abaixo de 900°C. Nos tempos após 20, 30 e 60 minutos observa-se que há uma certa estagnação no avanço da umidade nos blocos B800, no entanto, pode-se observar que há uma aceleração deste avanço nos blocos B1000, observa-se ainda que os blocos B900 possuem um comportamento intermediário, sendo estes os comportamentos esperados. Salienta-se ainda que após as 24 horas, todos os blocos estavam completamente saturados. Quanto ao comportamento obtido em relação a absorção capilar inicial e a absorção capilar total, estas apresentaram comportamentos opostos, os blocos com maior absorção inicial apresentaram uma absorção após 24 horas menor, estando este comportamento relacionado a estrutura, distribuição e tamanho dos poros.

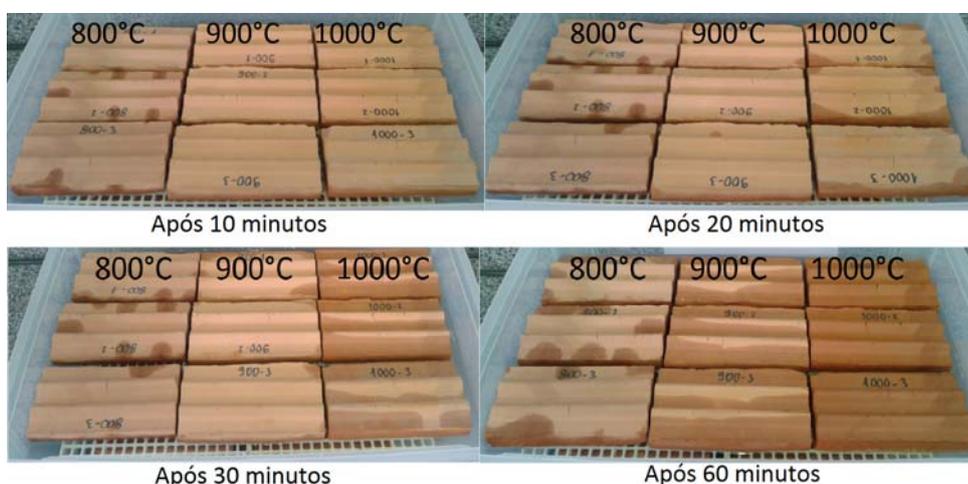


Figura 23: avanço da umidade por capilaridade nos blocos queimados em diferentes temperaturas

## 5.2.2 Argamassa decorativa monocamada

A argamassa utilizada na presente pesquisa foi uma industrializada, de um único lote, de um fabricante nacional. A caracterização da argamassa foi dividida em duas partes, a primeira no estado fresco e a segunda no estado endurecido. O procedimento adotado para a mistura foi mantido constante ao longo de toda a pesquisa. Estes ensaios foram realizados no laboratório LAMTAC/NORIE/UFRGS. Ressalta-se aqui, que as relações água/materiais secos utilizadas para a caracterização das argamassas, são as mesmas adotadas como variáveis de estudo.

### 5.2.2.1 Caracterização para o estado fresco

Para a caracterização no estado fresco foram utilizados os ensaios de consistência da argamassa (NBR 13276/2005), determinação de ar incorporado (adaptada para argamassa NBR NM 47/2002), determinação da retenção de água (NBR 132777/2005) e determinação

da densidade de massa (NBR 13278/2005). Na tabela 4 são apresentados os resultados obtidos nos ensaios especificados.

Tabela 4: caracterização da argamassa decorativa monocamada no estado fresco

<i>Relação água/ms</i>	<i>Índice de Consistência (mm)</i>	<i>Retenção da água (%)</i>	<i>Dens. de massa (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Teor de ar incorporado (%)</i>
Ref. -10%	190	99,0	1,75	8,2
Ref. -5%	203	98,1	1,70	8,5
Referência (a/ms=18%)	221	98,5	1,70	9,0
Ref. +5%	222	95,8	1,68	8,4
Ref. +10%	247	97,8	1,64	9,3

Observa-se que à medida que se acrescenta água na mistura o índice de consistência aumenta, como esperado. Quanto à retenção de água, todos atendem o exigido pela Diretriz Nº 6 (SINAT, 2012). A respeito da densidade de massa, observa-se que há uma diminuição deste valor à medida que se aumenta a quantidade de água na mistura, tendência esta seguida pelo teor de ar incorporado (%).

#### 5.2.2.2 Caracterização no estado endurecido

Para a caracterização da argamassa monocamada no estado endurecido foram moldados corpos de prova prismáticos 4x4x16cm. A moldagem dos corpos de prova, para a determinação da resistência à tração na flexão e a resistência à compressão seguiu a determinação da NBR 13279/2005. Foram determinadas a absorção de água por capilaridade e o coeficiente de capilaridade (NBR 15259/2005), a densidade no estado endurecido e o módulo dinâmico (NBR 8802/2013). Os resultados obtidos são apresentados na tabela 5. Pode-se notar que a medida que aumentada a quantidade de água na mistura, o comportamento segue o padrão esperado em todos resultados. No entanto, entre a relação água / matérias secas referência +5 % e +10% esta relação se inverte levemente no que diz respeito a densidade e ao módulo dinâmico. Esta inversão, ou estabilização, pode estar relacionada ao ponto onde a argamassa, através de seus aditivos e outros componentes, possui a maior capacidade de incorporação de ar.

Tabela 5: caracterização da argamassa decorativa monocamada no estado endurecido

<i>Relação água/ms</i>	<i>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Coef. Capilar. (g/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resist. Tração (MPa)</i>	<i>Resist. Comp. (MPa)</i>	<i>Mód. Dinâm. (GPa)</i>
Ref. -10%	1,690	0,01	3,96	8,24	12,287
Ref. -5%	1,634	0,03	3,54	7,35	11,266
Referência (a/ms=18%)	1,569	0,08	3,08	6,91	9,998
Ref. +5%	1,514	0,13	2,93	5,66	8,279
Ref. +10%	1,521	0,05	2,51	5,60	8,518

Observa-se que, quanto aos ensaios realizados, em apenas um aspecto a argamassa passou a não atender a Diretriz N° 006 (SINAT, 2012). Esta diretriz estabelece que o módulo de elasticidade dinâmico da argamassa decorativa monocamada não deve ultrapassar os 12 GPa, sendo ultrapassado este valor quando se utiliza uma apenas 90% da água recomendada pelo fabricante, observa-se que a diferença entre o exigido pela Diretriz e o resultado obtido (12,287 GPa) é muito pequena, podendo essa diferença estar relacionada com algum ruído experimental.

A cerca do módulo de elasticidade dinâmico cabe ressaltar que para argamassas de revestimentos tradicionais valores superiores a 12 GPa são considerados revestimentos com alta fissurabilidade (CSTB<sup>16</sup>, 1982 apud Gomes, 1995). O mesmo Centro ainda apresenta o intervalo de  $7 \leq E_d \leq 12$  (GPa), como um revestimento com média fissurabilidade. Neste sentido, pode se afirmar que para todas as relações água/materiais secos utilizadas todas apresentam um potencial, no mínimo médio, à fissuração do revestimento. Este potencial é maior para relações a/ms menores, devendo-se tomar cuidado com a variação da quantidade de água também quanto a fissuração do revestimento.

### 5.2.3 Água utilizada

Utilizou-se a água da rede de abastecimento local, considerada livre de contaminações e impurezas.

16 CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (CSTB). **Modalités d'essais des enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques.** n.1779, 1982.

### 5.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A seguir serão descritos os procedimentos adotados com vistas a padronizar o processo de execução e com isso minimizar a variabilidade dos ensaios, bem como serão apresentados os demais ensaios de avaliação realizados.

#### 5.3.1 Método de mistura da argamassa utilizada

Quando se trata da adoção de um procedimento de mistura, este basicamente está relacionado a uma mistura adequada e constante. Neste sentido, a partir de um estudo piloto, foi determinado o procedimento descrito na tabela 6. Para que se chegasse ao estabelecido, fixou-se em 2500g a massa de materiais secos a ser utilizada em cada uma das misturas, em virtude da capacidade máxima da cuba da argamassadeira. Utilizou-se como referência procedimentos estabelecidos pelo fabricante da argamassa e aqueles procedimentos constantes na NBR 7215/1996. Utilizou-se um misturador mecânico de acordo com a NBR 7215/1996.

Tabela 6: procedimento de mistura adotado para a argamassa monocamada adaptado de NBR 7215/1996 e das instruções do fabricante

<b>Tempo</b>	<b>T. acumulado</b>	<b>Procedimento</b>
0''	0''	Adicionar 75% da água na argamassadeira
60''	1'	Adicionar material com a argamassadeira em velocidade baixa
30''	1'30''	Manter em velocidade baixa
30''	2'	Adicionar água restante (25%), argamassadeira em velocidade baixa
30''	2'30''	Manter em velocidade baixa
60''	3'30''	Parar a mistura para limpar e raspar as laterais da cuba
90''	5'	Misturar em velocidade alta
15'	20'	Manter a argamassa em repouso coberta com pano úmido
60''	21'	Misturar em velocidade alta

#### 5.3.2 Método de aplicação da argamassa

Neste estudo buscou-se estabelecer uma forma de aplicação manual baseada na mesma concepção da aplicação manual proposta pelo fabricante. Para a aplicação manual é preconizado pelo fabricante que esta seja feita em duas demãos, sendo a primeira com metade da espessura aplicada com régua denteada de forma que a argamassa seja comprimida sobre a base e resulte em uma superfície estriada para receber a segunda demão. A segunda demão deve ser aplicada sobre a primeira com o uso de uma

desempenadeira. No entanto, este procedimento tende a ser variável, de forma que buscou-se estabelecer um procedimento de forma a reduzir a variabilidade entre as aplicações.

Desta forma, optou-se por aplicar o revestimento em uma única camada. No mesmo sentido, a fim de se ter um maior controle do processo, desenvolveu-se um aparato de aplicação com rolo. Trata-se de um rolo metálico com diâmetro 88,8 mm e dimensão lateral de 390 mm e massa constante (8,66 kg). O aparato foi desenvolvido de forma a permitir o ajuste da altura da base de apoio do substrato, de forma a proporcionar a aplicação em diferentes espessuras de revestimento. No mesmo aparato, foi desenhado um detalhe para apoio do rolo, servindo como base para rolagem do cilindro utilizado. Com este aparato, objetivou-se obter uma taxa de compressão constante. Os detalhes descritos acima podem ser observados nas imagens das figuras 24 e figura 25. Para a reprodução deste aparato, devem-se considerar as dimensões do substrato e as espessuras a ser utilizadas.

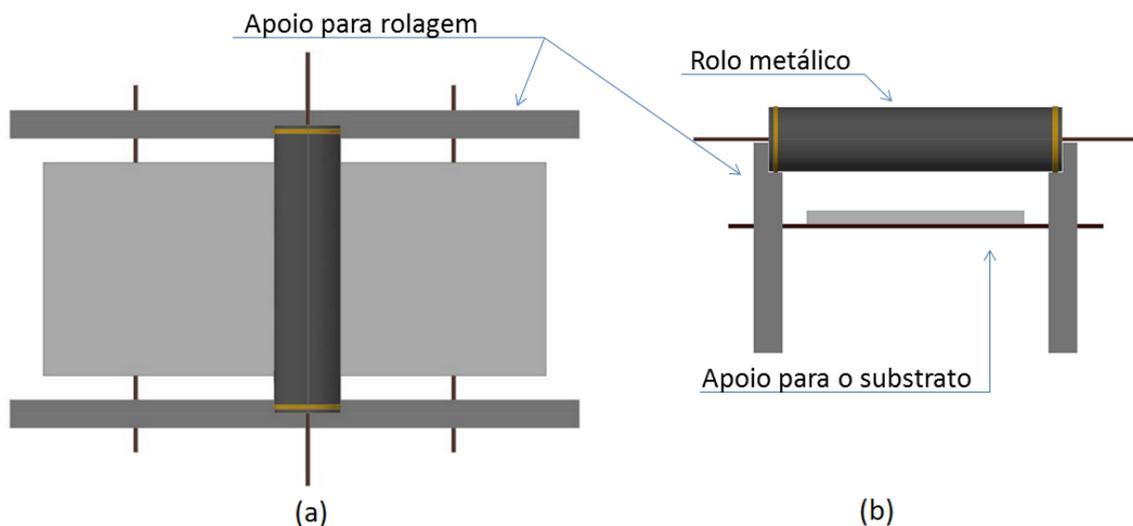


Figura 24: vistas do aparato criado para aplicação da argamassa: (a) superior; (b) frontal

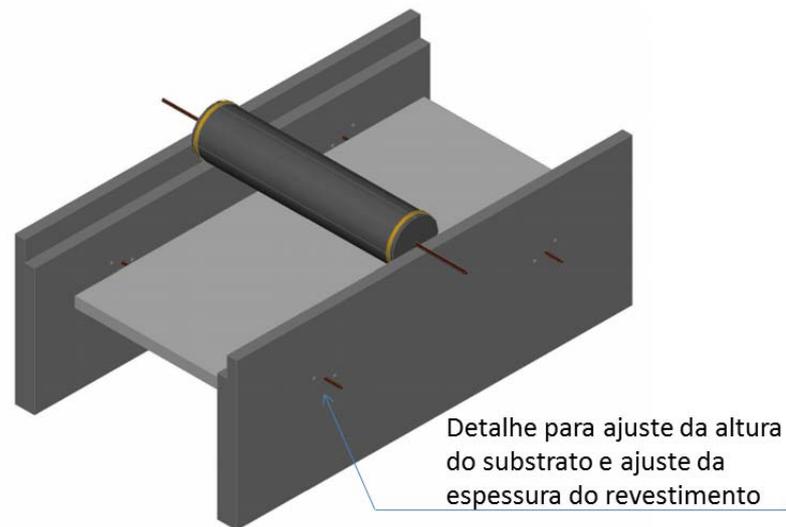


Figura 25: detalhe em perspectiva do aparato de aplicação da argamassa

Neste trabalho, optou-se por utilizar-se uma taxa de compressão da argamassa igual a 50% em relação à espessura do revestimento. Este procedimento foi mantido constante, onde a argamassa inicialmente era depositada sobre a base (limitada lateralmente por uma forma de MDF específica para cada espessura) com uma espessura de 150% da espessura desejada (sendo este acréscimo de altura limitado por uma segunda forma, com a altura de 50% da espessura a ser utilizada). Após o adequado preenchimento de toda a altura, a segunda forma limitadora, altura igual a 50% da espessura (referente a taxa de compressão a ser aplicada) foi removida para que só então a argamassa fosse compactada com auxílio do rolo. A altura de rolagem do rolo coincide com o topo da primeira forma, de maneira a garantir a compactação até a espessura desejada. Este procedimento pode ser observado no esquema detalhado na figura 26. Após a compactação, a argamassa passou por um processo de raspagem, com auxílio de uma espátula. Logo após este procedimento, utilizando uma esponja levemente umedecida, removeu-se a nata superficial.

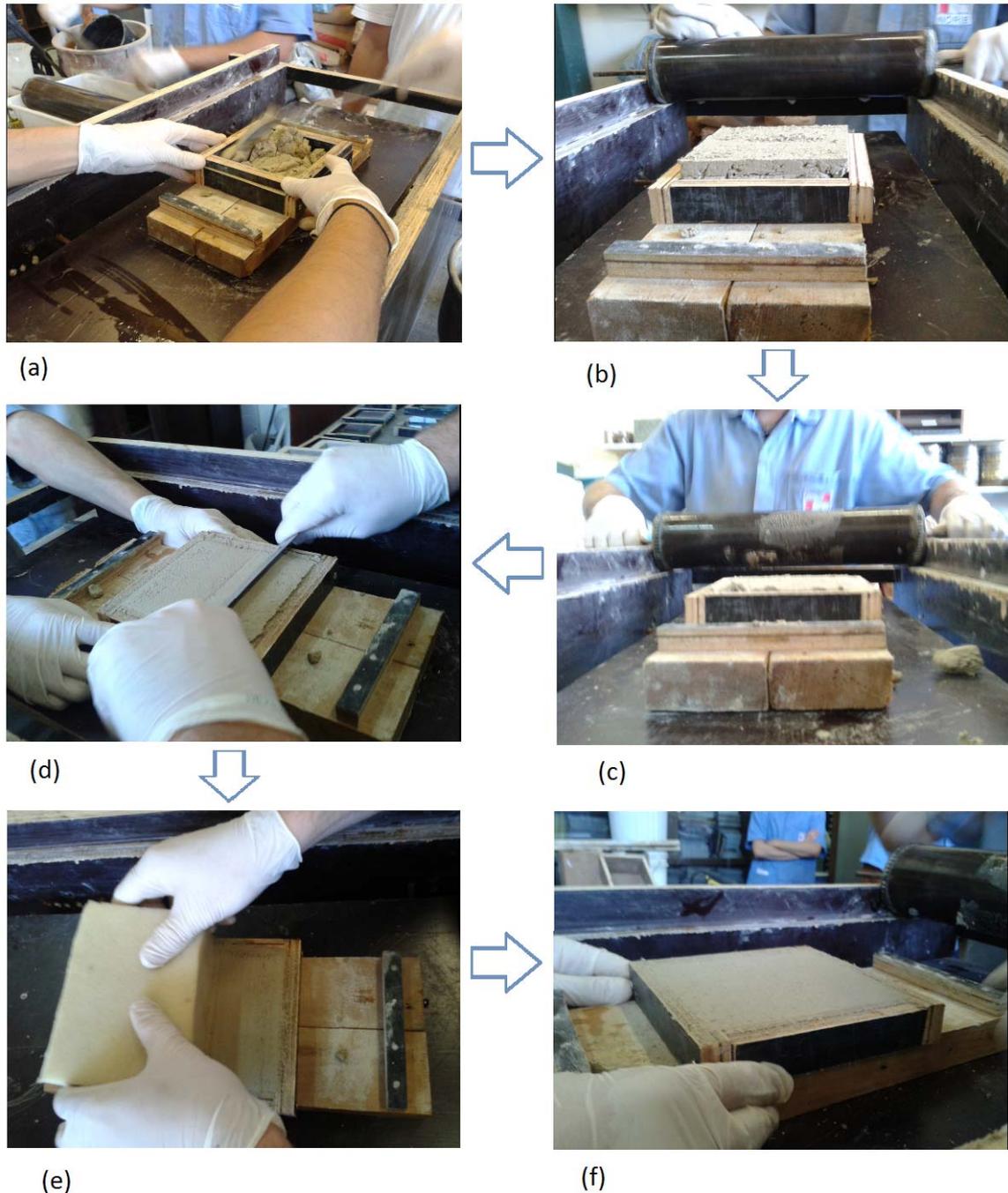


Figura 26: esquema de aplicação da argamassa com o aparato desenvolvido: (a) detalhe da colocação do material com as duas contenções laterais; (b) momento anterior à compactação com o uso do rolo; (c) compactação da argamassa com rolo; (d) processo de remoção do excesso de material com espátula; (e) uso da esponja para remover excesso de nata (esponja sempre limpa e úmida, com excesso de água removida com torção manual); (f) acabamento final

Os corpos de prova produzidos foram mantidos no mesmo ambiente de laboratório (onde foi feita a mistura e a aplicação do revestimento) por 70 minutos após o início da mistura. Onde após os primeiros 40 minutos foi feita a desforma (remoção da moldura de contenção lateral da argamassa) e 30 minutos após a desforma os corpos de prova foram levados para as diferentes condições de cura (figura 27). Neste primeiro período, entre o início da mistura e

o transporte dos corpos de prova para as condições de cura desejadas, a temperatura e a umidade apenas foram monitoradas e este período não é referido como “cura”. Os tempos citados entre os procedimentos foram adotados para que mantivessem constantes.

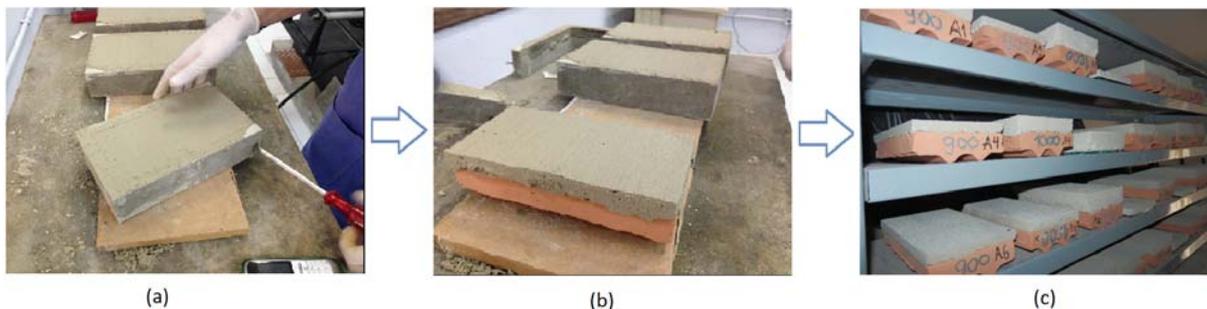


Figura 27: processo de desforma e armazenagem dos corpos de prova: (a) retirada da contenção lateral da fôrma; (b) aspecto corpo de prova a ser ensaiado; (c) vista de corpo de prova em ambiente de cura

### 5.3.3 Processo de cura

Aqui são apresentadas e descritas os procedimentos de cura utilizados nesta pesquisa.

#### 5.3.3.1 Cura em temperatura de 9°C

Neste caso para manter um ambiente em uma temperatura de aproximadamente 9°C foi instalada uma geladeira dentro de uma segunda câmara climatizada, e o ajuste da temperatura feito através do termostato. Este ajuste foi obtido com auxílio de um termômetro auxiliar. Não foi possível o controle da umidade, uma vez que ao reduzir a temperatura, reduz-se a umidade absoluta. Mas como os corpos de prova foram armazenados ainda com a argamassa fresca dentro da geladeira a umidade relativa foi alta, no entanto, não controlada. A temperatura foi mantida entre 8°C e 11°C, nominalmente utilizou-se a temperatura de 9°C (+/- 2°C) como referencial.

#### 5.3.3.1 Cura referência (23°C)

A cura denominada e considerada foi realizada em câmara climatizada, uma temperatura média de 23°C (+/- 2°C) e uma umidade de 65% (+/- 5%). Esta condição de cura foi considerada como referência, pelo fato de que após a cura inicial (logo após a moldagem) todos os corpos de prova foram levados e mantidos em igual condições dentro da câmara climatizada. A figura 28 ilustra o aspecto geral durante o processo de cura do revestimento.



Figura 28: vista geral dos corpos de prova mantidos em cura

#### 5.3.3.2 Cura em temperatura de 35°C

Para cura à 35°C, foi utilizada uma estufa (com volume interno aproximado de 2m<sup>3</sup>) onde manteve-se a temperatura em 35°C +/-1°C. Da mesma maneira que o equipamento para temperatura de 9°C, este equipamento não permite o controle da umidade, de tal forma que a perda de umidade do revestimento para o ambiente é acelerada. Este efeito é justificado pelo aumento da temperatura, que por sua vez, aumenta a capacidade de suporte de umidade do ar, o que aumenta a evaporação.

#### 5.3.3.3 Cura para temperatura de 50°C

Foi utilizada um estufa de pequeno porte (com volume interno de aproximadamente 80L), a qual possui capacidade de aquecimento de até 300°C e onde o controle da temperatura é feito através de um termostato, e da mesma forma que para as últimas duas temperaturas, não houve o controle da umidade. A temperatura utilizada foi de 50°C (+/-5°C). Neste caso também existe o efeito da temperatura sobre a umidade relativa, e não é possível separar a interação entre elas.

#### 5.3.4 Ensaio de colorimetria

Os ensaios de colorimetria foram realizados com o apoio de um espectrofotômetro Konica Minolta, modelo CM-2500d, apresentado na figura 29. As leituras foram feitas após os 7, 14, 21, 28, 56 e 84 dias de cura. Foi utilizado um gabarito para que as leituras sempre ocorressem nos mesmos pontos para as diferentes idades (figura 29). Para os corpos de prova com substrato cerâmico, por ser maior, foram lidos 8 pontos em cada corpo de prova. Quando se utilizou a base de vidro, foram feitas 4 leituras por corpo de prova.



Figura 29: posicionamento do gabarito sobre a argamassa e detalhe anterior às leituras com espectrofotômetro

Antes das leituras com espectrofotômetro, realizava-se calibração prévia do equipamento, segundo orientação constante no manual do mesmo. Os resultados obtidos podiam ser obtidos em diferentes coordenadas ou definições. Para este trabalho adotou-se o sistema de cores desenvolvido pelo CIE (Comissão Internacional de Iluminação) conhecido como sistema CIE  $L^*a^*b^*$  (O software de análise dos dados foi o Cyberchromer OnColor, o qual acompanha o equipamento).

Adotou-se o padrão indicado pela NBR 15077 (ABNT,2004), utilizada para determinação da variação de cor em tintas, no que diz respeito ao iluminante à temperatura de cor de 6500K, considerada como a média da luz do dia, iluminante D65. Ainda segundo a mesma norma, utilizou-se o ângulo de observação de  $10^\circ$  com reflexão especular inclusa.

O sistema  $L^*C^*h^\circ$  utiliza o mesmo diagrama de cores proposto pelo sistema  $L^*a^*b^*$ . Neste sistema, o  $L^*$  (luminosidade) é mantida, o  $C^*$  (cromaticidade/saturação) e  $h^\circ$  (tonalidade) representam a transformação em coordenadas cilíndricas de  $a^*$  (escala de vermelho a verde) e  $b^*$  (escala de amarelo a azul) que são coordenadas retangulares. Esta conversão foi adotada, posteriormente para a análise dos resultados para facilitar a compreensão e entendimento do comportamento. Para tanto, utilizou-se a análise de variância, sendo esta aplicada independentemente em cada um dos fatores  $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ . A figura 30 apresenta de forma esquemática a diferença entre os sistemas de coordenadas em um mesmo diagrama, onde o  $h^\circ$  aparece descrito como *hue* e o  $C^*$  como *chroma*. Pode-se observar ainda, que o  $L^*$  (luminosidade) é apresentado na escala vertical e vai do preto (zero) até o branco (100).

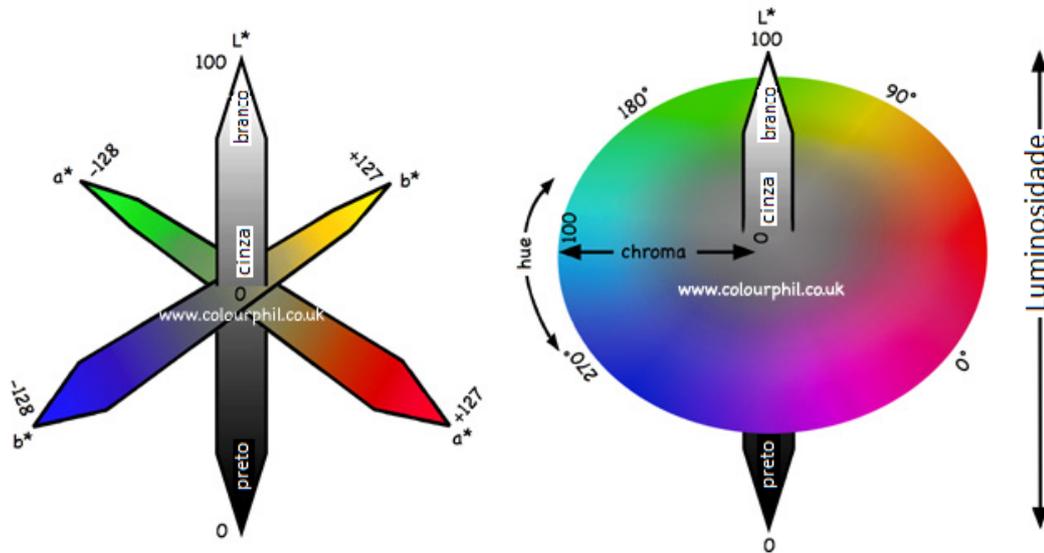


Figura 30: sistema L\*a\*b\* e sistema L\*C\*h° (adaptado de [http://www.colourphil.co.uk/lab\\_lch\\_colour\\_space.shtml](http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.shtml))

Para a conversão de coordenadas retangulares ( $a^*$  e  $b^*$ ) para coordenadas cilíndricas ( $C^*$  e  $h^\circ$ ) utiliza-se as equações 11 e 12.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Equação 11}$$

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 12}$$

Além da análise da variação da tonalidade ( $h^\circ$ ), da saturação ( $C^*$ ) e da luminosidade ( $L^*$ ), fatores que definem matematicamente uma cor, foi determinada também a diferença de cor ( $\Delta E$ ) obtida em função das variáveis de estudo. Para a determinação do  $\Delta E$  utilizou-se o sistema de coordenadas retangulares, por simplificação do sistema de equações, sendo determinado pela equação 13.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Equação 13}$$

## 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados e as análises de colorimetria, de forma separada para cada uma das coordenadas ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h(^{\circ})$ ), obtidas através de leituras feitas com espectrofotômetro. São apresentados primeiramente os valores médios obtidos para cada coordenada e a seguir, a tabela com o desvio padrão das amostras que geraram os valores médios. Estes valores foram gerados a partir de 2280 pontos de leitura.

Para análise dos resultados obtidos pelo espectrofotômetro, primeiramente foi feita uma análise estatística com auxílio do software Statistica 7.0 para verificar a existência de efeitos significativos e a interação entre efeitos, sendo utilizado um intervalo de confiança de 95%. A análise de variância utilizada é apresentada em formato de tabelas ANOVA. No caso deste trabalho, em função de existirem amostras de diferente tamanho sendo comparadas, foi necessário gerar tabelas ANOVA para cada tamanho de amostra. Objetivou-se com isso obter, a partir do valor da média quadrada do erro para aquela amostra, valores de limites de decisão específicos, portanto mais confiáveis.

Para o valor do limite de decisão, foi considerado o valor de três vezes o valor do desvio padrão das médias, sendo este, utilizado para comparar os valores das médias de duas a duas. Os valores considerados estatisticamente iguais (diferenças não significativas) são representados nos gráficos unidos por uma barra horizontal continua. Os gráficos com as comparações de média foram gerados apenas para os efeitos e suas interações que causaram variações significativas para os fatores que determinam a cor (sendo observada sempre a interação de maior ordem).

### 6.1 VARIAÇÃO DA RELAÇÃO ÁGUA/MATERIAIS SECOS (ETAPA 1)

Para a avaliação da variação da quantidade de água na mistura, a análise dos resultados foi dividida nos fatores  $L^*$ ,  $C^*$  e  $h(^{\circ})$ . Neste caso, como se utilizou sempre a mesma base, obteve-se amostras de mesmo tamanho, não sendo necessário determinar diferentes limites de decisão. A figura 31 apresenta em detalhe o fluxograma estabelecido para a etapa 1.

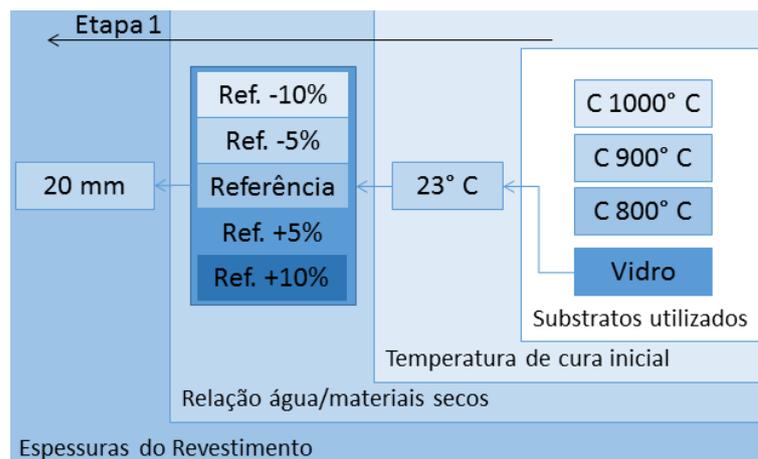


Figura 31: fluxograma da etapa 1

### 6.1.1 L\* (luminosidade)

As tabelas 7 e 8 apresentam, os valores médios e desvios padrão, respectivamente de \*L (luminosidade) obtidos em função da relação água/materiais secos (a/ms) ao longo do tempo.

Tabela 7: valores de L\* em função a variação da quantidade de água na mistura

Médias de L*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Média Geral
a/ms: REF-10%	72,689	72,942	72,240	72,190	72,532	73,062	72,609
a/ms: REF-5%	72,168	72,143	72,033	71,432	71,862	72,177	71,969
a/ms: REF	72,713	73,511	73,458	74,003	73,629	73,868	73,524
a/ms: REF+5%	73,125	73,511	72,612	72,247	72,432	72,893	72,803
a/ms: REF+10%	73,709	73,494	73,144	72,773	73,730	73,592	73,407
<b>Média Geral</b>	<b>72,861</b>	<b>73,185</b>	<b>72,824</b>	<b>72,774</b>	<b>72,969</b>	<b>73,118</b>	<b>72,952</b>

Tabela 8: valores do desvio padrão das médias de L\* em função a variação da quantidade de água na mistura

DesvPad de L*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Médias dos desvios
a/ms: REF-10%	1,006	1,156	1,614	1,197	1,158	0,913	1,198
a/ms: REF-5%	1,746	1,342	1,797	1,756	1,648	1,776	1,646
a/ms: REF	1,686	1,575	0,992	0,999	1,024	1,390	1,324
a/ms: REF+5%	1,098	0,978	1,347	1,211	1,355	1,332	1,260
a/ms: REF+10%	0,777	0,902	0,862	1,092	0,666	0,940	0,919
<b>Médias dos desvios</b>	<b>1,417</b>	<b>1,352</b>	<b>1,394</b>	<b>1,535</b>	<b>1,362</b>	<b>1,397</b>	<b>1,411</b>

Com relação ao efeito das variáveis tempo de cura e relação água/materiais secos, utilizando-se um intervalo de confiança de 95%, apenas a variável a/ms apresentou efeito significativo. Cabe salientar que se diminuído o intervalo de confiança para 90%, tanto o

tempo de cura como a interação do tempo de cura com a relação água/materiais secos seriam considerados efeitos significativos. Neste caso, optou-se em manter o intervalo de confiança fixo em 95%. A tabela 9 apresenta a tabela ANOVA para os valores de L\* quanto a variação da relação água/materiais secos ao longo do tempo.

Tabela 9: tabela ANOVA para valores de L\* quanto a variação da relação água / materiais secos ao longo do tempo

Fonte (L*)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: água/mat.secos	83,23	4	20,81	12,76	0,00%	Sim
B: Tempo de cura	17,57	5	3,51	2,15	5,89%	Não
AB	51,09	20	2,55	1,57	5,88%	Não
Erro/Resíduos	538,27	330	1,63			
<b>TOTAL</b>	<b>690,16</b>	<b>359</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

Como não houve efeito significativo entre as interações possíveis, e o único efeito que, após a análise de variância ANOVA, apresentou diferença significativa foi à relação água/materiais secos, apenas este gráfico (figura 32) é apresentado, uma vez que os demais efeitos, se existem não podem ser separadas do ruído.

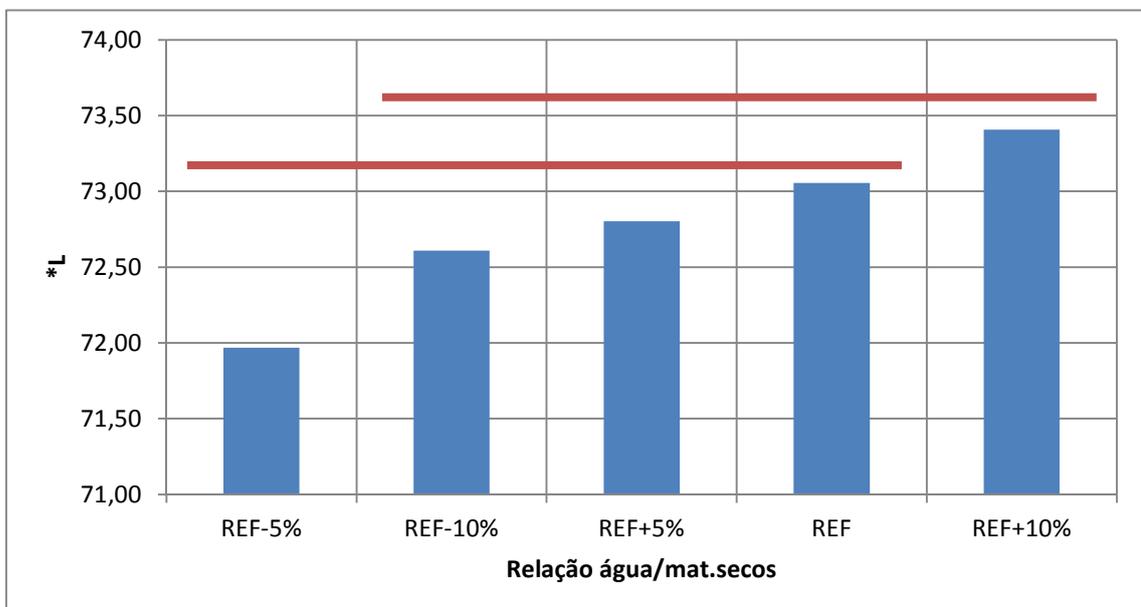


Figura 32: efeito da variação da relação água/materiais secos sobre o parâmetro de cor L\*

Neste gráfico é possível observar que a variação da quantidade de água na mistura provocou variação no valor do fator L\*, porém essa diferença apenas é significativa quando

é comparada a relação que utiliza menos 5% da quantidade de água recomendada pelo fabricante (referência) com a relação que utiliza a quantidade de água referência mais 10%.

### 6.1.2 C\* (saturação)

As tabelas 10 e 11 apresentam, os valores médios e desvios padrão, respectivamente de C\* (saturação) obtidos em função da relação água/materiais secos (a/ms) ao longo do tempo.

Tabela 10: valores médios de C\* em função da variação da quantidade de água na mistura

Médias de C*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Média Geral
a/ms: REF-10%	9,441	9,462	9,298	9,732	9,656	9,338	9,488
a/ms: REF-5%	9,564	9,597	9,479	9,873	9,698	9,318	9,588
a/ms: REF	9,546	9,122	9,138	9,246	9,184	8,883	9,204
a/ms: REF+5%	9,519	9,427	9,347	9,809	9,427	9,064	9,432
a/ms: REF+10%	9,098	9,115	8,942	9,411	9,218	8,724	9,085
<b>Média Geral</b>	<b>9,447</b>	<b>9,307</b>	<b>9,224</b>	<b>9,553</b>	<b>9,395</b>	<b>9,065</b>	<b>9,338</b>

Tabela 11: valores de desvios padrão das médias de C\* em função da variação da quantidade de água na mistura

DesvPad de C*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Médias dos desvios
a/ms: REF-10%	0,532	0,520	0,504	0,511	0,534	0,477	0,520
a/ms: REF-5%	0,436	0,383	0,338	0,423	0,474	0,365	0,428
a/ms: REF	0,443	0,357	0,328	0,280	0,323	0,337	0,382
a/ms: REF+5%	0,217	0,247	0,293	0,226	0,282	0,273	0,334
a/ms: REF+10%	0,339	0,308	0,271	0,332	0,325	0,239	0,364
<b>Médias dos desvios</b>	<b>0,434</b>	<b>0,411</b>	<b>0,383</b>	<b>0,433</b>	<b>0,435</b>	<b>0,414</b>	<b>0,444</b>

Após a análise de variância (tabela 12), observou-se que a interação entre o tempo de cura e a quantidade de água na mistura não é significativa. Porém, seus efeitos puros foram considerados significativos.

Tabela 12: tabela ANOVA para valores de \*C quanto a variação da relação água/materiais secos longo do tempo

Fonte (*C)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: água/mat.secos	12,93	4	3,23	21,87	0,00%	Sim
B: Tempo de cura	10,73	5	2,15	14,52	0,00%	Sim
AB	3,77	20	0,19	1,27	19,38%	Não
Erro/Resíduos	48,80	330	0,15			
<b>TOTAL</b>	<b>76,23</b>	<b>359</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

Em função da não haver efeito significativo da interação entre os efeitos avaliados neste caso, as comparações de média são gerados de forma independente para cada uma das variáveis, sendo estas apresentadas nas figuras 33 e 34.

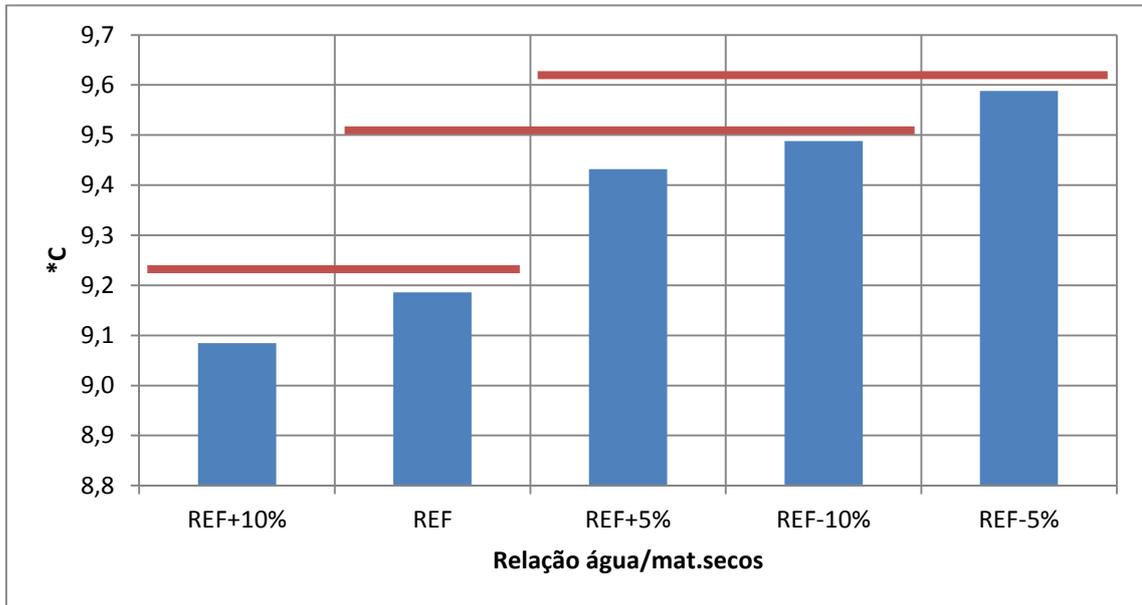


Figura 33: efeito da variação da relação água/materiais secos sobre o parâmetro de cor C\*

Observando-se o efeito da variação da relação a/ms sobre a saturação da cor (C\*), pode-se observar que a relação de água referência mais 10% e a relação de água referência menos 5%, apresentam a maior diferença. No caso anterior, são apresentadas os valores médios de C\* para cada relação a/ms ao longo do tempo, pois este não altera o comportamento observado.

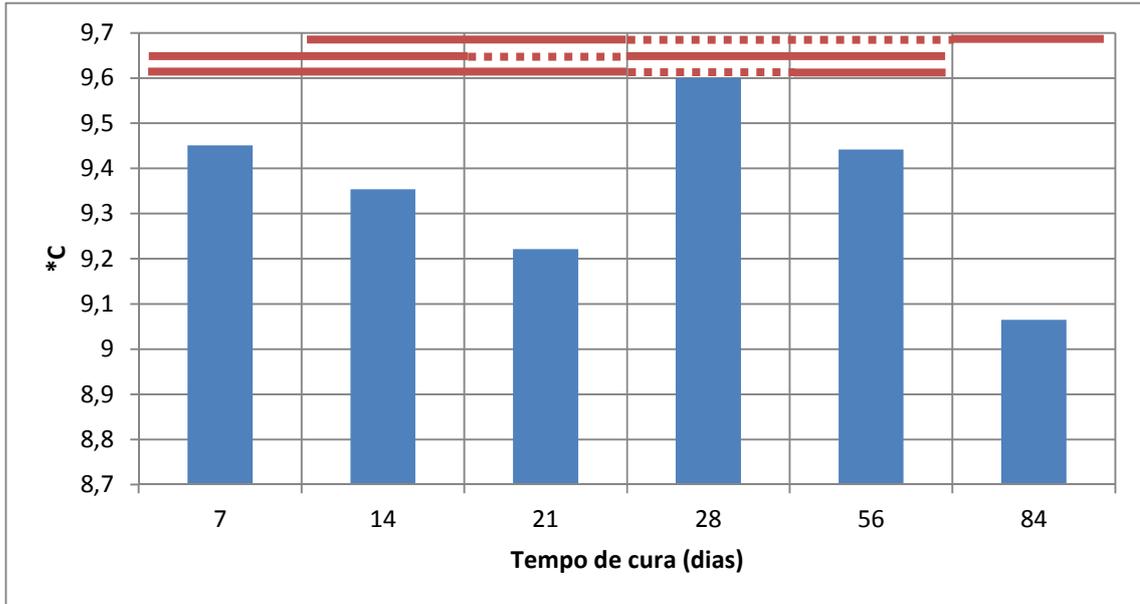


Figura 34: efeito do tempo de cura sobre o parâmetro de cor C\*

No caso do valor médio de C\* ao longo do tempo (figura 34, anterior), não é possível se observar um efeito de estabilização principalmente no que tange as diferenças existentes entre os 28 e 56 dias em relação aos 84 dias de cura.

### 6.1.3 h(°) (tonalidade)

As tabelas 13 e 14 apresentam, os valores médios e desvios padrão, respectivamente de h(°) (tonalidade) obtidos em função da relação água/materiais secos (a/ms) ao longo do tempo.

Tabela 13: valores médios de h(°) em função a variação da quantidade de água na mistura

Média de h (°)	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Médias Geral
a/ms: REF-10%	80,998	81,024	80,827	81,036	81,235	80,683	80,967
a/ms: REF-5%	81,114	80,988	80,795	80,814	81,295	79,748	80,792
a/ms: REF	80,952	80,959	80,894	80,993	80,869	81,280	80,965
a/ms: REF+5%	81,087	81,047	80,733	80,814	81,097	79,325	80,684
a/ms: REF+10%	81,081	81,076	80,751	80,819	81,203	79,356	80,714
<b>Médias Geral</b>	<b>81,036</b>	<b>81,009</b>	<b>80,815</b>	<b>80,912</b>	<b>81,094</b>	<b>80,078</b>	<b>80,844</b>

Tabela 14: valores de desvio padrão das médias de  $h(^{\circ})$  em função a variação da quantidade de água na mistura

DesvPad de $h(^{\circ})$	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Médias dos desvios
a/ms: REF-10%	0,699	0,700	0,619	0,533	0,586	0,601	0,628
a/ms: REF-5%	0,412	0,310	0,371	0,347	0,411	0,829	0,682
a/ms: REF	0,275	0,462	0,443	0,381	0,380	0,277	0,396
a/ms: REF+5%	0,191	0,231	0,287	0,248	0,272	0,350	0,679
a/ms: REF+10%	0,224	0,237	0,221	0,230	0,229	0,225	0,669
<b>Médias dos desvios</b>	<b>0,385</b>	<b>0,423</b>	<b>0,411</b>	<b>0,370</b>	<b>0,418</b>	<b>0,924</b>	<b>0,605</b>

Com a análise de variância (tabela 15), observou-se que tanto os efeitos como a interação dos mesmos, relação água/materiais secos e tempo de cura, foram significativos. De tal forma que a interação servirá como base para a comparação de médias e análise da tonalidade.

Tabela 15: tabela ANOVA para valores de  $h(^{\circ})$  quanto a variação da relação água / materiais secos longo do tempo

Fonte ( $h^{\circ}$ )	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: água/mat.secos	4,89	4	1,22	7,31	0,00%	Sim
B: Tempo de cura	44,34	5	8,87	53,07	0,00%	Sim
AB	34,10	20	1,71	10,20	0,00%	Sim
Erro/Resíduos	55,15	330	0,17			
<b>TOTAL</b>	<b>138,48</b>	<b>359</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.  $\leq 5\%$ ; Não: Probab.  $> 5\%$ ).

Ao plotar os dados em função do tempo, com a finalidade de analisar o comportamento desta propriedade do material ao longo do tempo, observou-se um comportamento distinto entre as diferentes relações água/materiais secos, onde existe uma tendência em uma diminuição do valor de  $h(^{\circ})$  com o valor mínimo ocorrendo entre os 21 e 28 dias, voltando a aumentar até os 56 dias. No entanto os resultados para os 84 dias, para o as relações Ref-5%, Ref+5% e Ref+10%, o valor de  $h(^{\circ})$  reduziu significativamente, de tal maneira que não é possível afirmar que houve uma estabilização de cor dentro do espaço de tempo avaliado. O gráfico da figura 35 apresenta todos os resultados referentes ao efeito do tempo em função da relação água/materiais secos.

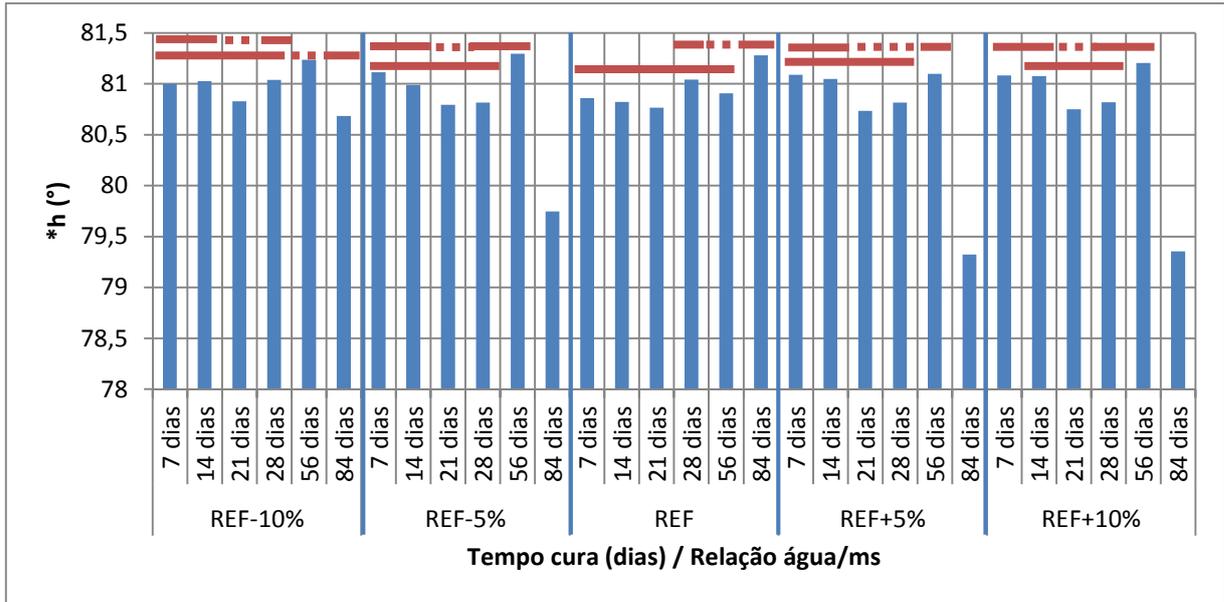


Figura 35: efeito do tempo em função da relação água/materiais secos para valores médios de  $h(^{\circ})$

Ao se analisar os resultados de  $h(^{\circ})$  para a relação água/materiais secos em função do tempo, ao contrario do que se esperava, não é possível perceber qualquer diferença entre os valores de  $h(^{\circ})$  até os 28 dias, sendo que aos 56 dias apenas existe diferença significativa entre os valores obtidos em função da relação água/materiais secos Ref e Ref-5%. Para a maior idade observada, apenas os valores relacionados a maior quantidade de água (Ref+5% e Ref+10%) podem ser considerados iguais. Este resultado aponta para uma possível variação de tonalidade que aumenta ao longo do tempo. Cabe salientar que este comportamento ocorre para estas condições de ensaio e para este tempo de cura, é possível que após um período maior, tal diferença não seja percebida ou que esta diferença não resulte em uma diferença de cor perceptível. Estes comportamentos podem ser observados no gráfico da figura 36.

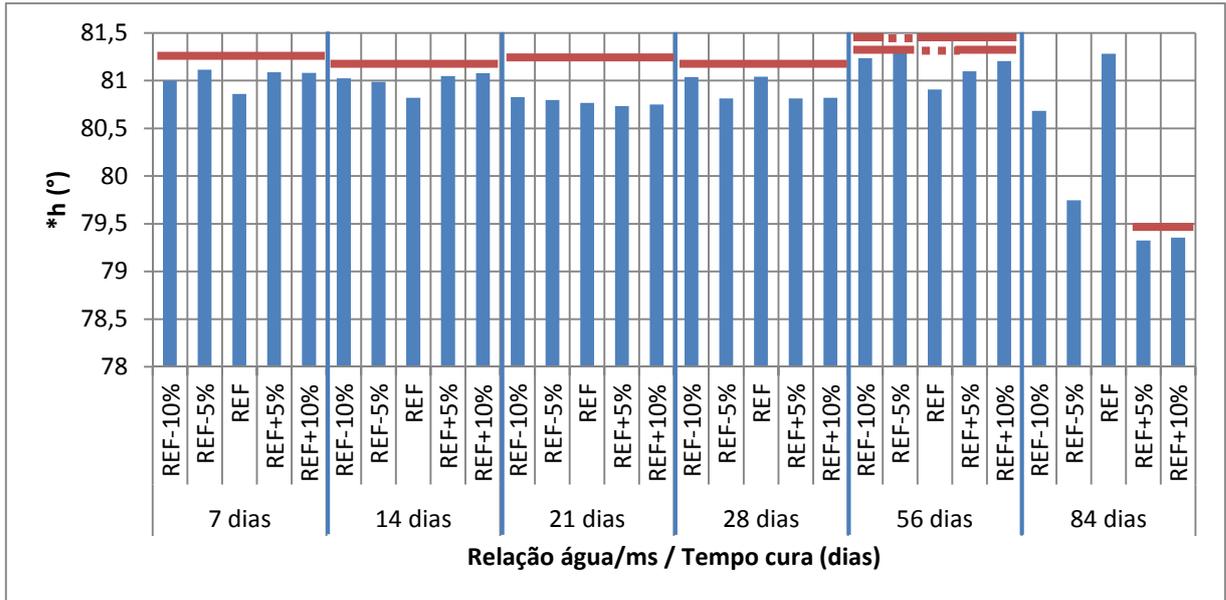


Figura 36: efeito da relação água/materiais secos em função do tempo para valores médios de  $h^{\circ}$

Esta etapa pode ser resumida da seguinte forma:

- O fator  $L^*$  (luminosidade), apresentou diferença significativa em função da relação  $a/ms$ , porém não foi possível identificar uma tendência de comportamento;
- fator  $C^*$  (saturação) apresentou diferença significativa em função da relação  $a/ms$ , porém não foi possível identificar uma tendência de comportamento;
- fator  $h^*$  (tonalidade), para este fator, foi observada diferenças significativas até os 84 dias após a aplicação do revestimento, da mesma forma que os anteriores, aponta-se para necessidade de controle da relação  $a/ms$ , mas não foi possível estabelecer um comportamento.

## 6.2 VARIAÇÃO DO SUBSTRATO E ESPESSURA (ETAPA 2)

Inicialmente será analisada a influência da absorção do substrato, obtida pelas diferentes temperaturas de queima do substrato e a espessura do revestimento na luminosidade, saturação e tonalidade, fatores  $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^{\circ}$ . A figura 37 apresenta o fluxograma da etapa 2.

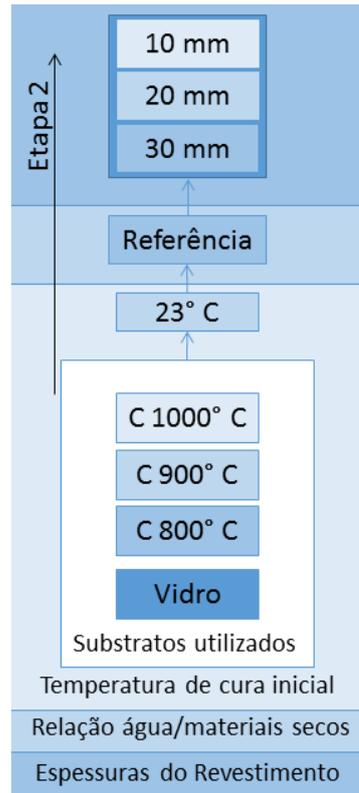


Figura 37: fluxograma da etapa 2

### 6.2.1 L\* (luminosidade)

As tabelas 16 e 17 apresentam os valores médios e desvios padrão, respectivamente de  $L^*$  (luminosidade) obtidos em função da variação da absorção da base e espessura do revestimento ao longo do tempo.

Tabela 16: Influência do tipo de substrato, espessura do revestimento e tempo de cura sobre L\*(luminosidade) média

<b>Médias de *L</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Média Geral</b>
<b>Base: C1000</b>	<b>71,719</b>	<b>72,566</b>	<b>72,030</b>	<b>72,339</b>	<b>72,397</b>	<b>72,583</b>	<b>72,305</b>
Espessura: 1 cm	71,786	72,240	71,783	71,983	72,063	72,198	72,022
Espessura: 2 cm	71,483	72,720	72,093	72,614	72,440	72,817	72,413
Espessura: 3 cm	71,889	72,737	72,215	72,421	72,690	72,735	72,481
<b>Base: C900</b>	<b>72,236</b>	<b>72,649</b>	<b>72,251</b>	<b>72,617</b>	<b>72,510</b>	<b>72,912</b>	<b>72,541</b>
Espessura: 1 cm	72,139	72,585	71,891	72,195	72,307	72,611	72,297
Espessura: 2 cm	72,495	72,679	72,632	73,103	72,995	73,390	72,882
Espessura: 3 cm	71,944	72,685	72,230	72,555	72,229	72,734	72,423
<b>Base: C800</b>	<b>72,848</b>	<b>72,703</b>	<b>72,605</b>	<b>73,007</b>	<b>72,800</b>	<b>73,197</b>	<b>72,860</b>
Espessura: 1 cm	72,896	72,160	72,752	72,819	72,920	73,055	72,759
Espessura: 2 cm	73,054	73,200	72,699	72,966	72,616	73,072	72,927
Espessura: 3 cm	72,720	72,738	72,423	73,179	72,847	73,399	72,884
<b>Base: VIDRO</b>	<b>74,167</b>	<b>74,247</b>	<b>73,860</b>	<b>73,916</b>	<b>74,028</b>	<b>74,475</b>	<b>74,114</b>
Espessura: 1 cm	74,260	73,953	73,798	74,272	74,147	74,573	74,167
Espessura: 2 cm	74,144	74,241	73,953	74,330	73,977	74,438	74,182
Espessura: 3 cm	74,003	74,645	73,851	73,027	73,919	74,383	73,969
<b>Média Geral</b>	<b>72,617</b>	<b>72,885</b>	<b>72,542</b>	<b>72,856</b>	<b>72,797</b>	<b>73,146</b>	<b>72,815</b>

Tabela 17: valores de desvios padrão para os valores médios de L\*, em função da influência do tipo de substrato, espessura do revestimento e tempo de cura

<b>DesvPad de L*</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Médias dos desvios</b>
<b>Base: C1000</b>	<b>1,039</b>	<b>1,227</b>	<b>0,984</b>	<b>1,033</b>	<b>1,032</b>	<b>1,050</b>	<b>1,096</b>
Espessura: 1 cm	1,007	1,050	0,940	0,954	0,813	0,760	0,921
Espessura: 2 cm	0,786	1,218	0,883	1,139	0,910	1,142	1,101
Espessura: 3 cm	1,286	1,378	1,105	0,933	1,260	1,134	1,200
<b>Base: C900</b>	<b>1,042</b>	<b>1,043</b>	<b>0,916</b>	<b>0,958</b>	<b>0,969</b>	<b>0,851</b>	<b>0,985</b>
Espessura: 1 cm	0,927	0,997	1,017	1,030	1,043	1,032	1,027
Espessura: 2 cm	0,882	0,734	0,702	0,915	0,859	0,579	0,833
Espessura: 3 cm	1,312	1,349	0,880	0,706	0,838	0,686	0,995
<b>Base: C800</b>	<b>1,349</b>	<b>1,167</b>	<b>1,096</b>	<b>1,176</b>	<b>1,104</b>	<b>1,057</b>	<b>1,166</b>
Espessura: 1 cm	0,949	0,963	0,575	0,560	0,683	0,735	0,791
Espessura: 2 cm	1,152	0,798	0,975	1,337	1,078	1,003	1,066
Espessura: 3 cm	1,606	1,374	1,432	1,380	1,364	1,277	1,427
<b>Base: VIDRO</b>	<b>1,143</b>	<b>1,418</b>	<b>1,310</b>	<b>1,453</b>	<b>1,205</b>	<b>1,170</b>	<b>1,297</b>
Espessura: 1 cm	1,263	1,455	1,641	1,256	1,535	1,224	1,390
Espessura: 2 cm	1,031	1,228	0,724	0,868	0,794	0,943	0,923
Espessura: 3 cm	1,122	1,561	1,369	1,828	1,128	1,375	1,477
<b>Média dos desvios</b>	<b>1,405</b>	<b>1,320</b>	<b>1,210</b>	<b>1,237</b>	<b>1,191</b>	<b>1,184</b>	<b>1,267</b>

Realizando-se uma análise estatística, verifica-se que todas as variáveis: absorção dos substratos, espessura e tempo de cura apresentam influência significativa no fator luminosidade. No entanto, quando se observa suas interações, apenas a interação tipo de substrato e a espessura alterou significativamente os valores obtidos. A interação de maior ordem (entre todos os efeitos) não foi significativa. A tabela 18 sintetiza os resultados obtidos na análise de variância quanto ao tipo de substrato, espessura do revestimento e tempo de cura, mostrando os fatores que apresentam diferenças significativas, ao nível de confiança de 95%.

Tabela 18: tabela ANOVA para valores de L\* quanto a variação da espessura e substrato ao longo do tempo

Fonte (L*)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: Tipo da base	523,25	3	174,42	146,34	0,00%	Sim
B: Espes. Revest.	18,21	2	9,10	7,64	0,05%	Sim
C: Tempo de cura	53,58	5	10,72	8,99	0,00%	Sim
AB	22,65	6	3,77	3,17	0,43%	Sim
AC	25,31	15	1,69	1,42	13,13%	Não
BC	12,10	10	1,21	1,02	42,78%	Não
ABC	40,40	30	1,35	1,13	28,78%	Não
Erro/Resíduos	1725,80	1448	1,19			
<b>TOTAL</b>	<b>2421,30</b>	<b>1519</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

A partir do que se obteve da tabela ANOVA, onde todos efeitos isoladamente e apenas a interação Base/Espessura tiveram efeito significativo. Apenas a interação Base/Espessura e o Tempo de cura foram utilizados para gerar os gráficos de comparação de médias. Os gráficos de comparação de médias foram compilados de tal forma que se pudesse observar o maior número de efeitos em um mesmo gráfico a fim de colaborar no melhor entendimento.

A figura 38 apresenta o efeito da variação da espessura para cada uma das bases. No vidro (substrato considerado com absorção nula), não houve variação significativa de L\* em função da espessura, o que era esperado, pois neste caso a absorção é nula, e conseqüentemente seu efeito. No entanto, para o substrato C1000 (com maior absorção inicial) a menor espessura foi mais vulnerável a variações da absorção do substrato. O que gerou uma diferença significativa entre os valores obtidos de L\* entre as espessuras adotadas. Onde a utilização da menor espessura (1cm), mostra de forma clara que há um efeito da absorção da base, e que o aumento da espessura pode minimizar este efeito, uma vez que não se observou diferenças significativas entre as espessuras de 2 e 3 cm (para o

substrato C1000). Nas cerâmicas C900 e C800 com absorção inicial menores, apenas na C800 (apesar de ter uma absorção total maior que as demais) pode-se observar um comportamento no qual a variação da espessura não gerou variação no valor de  $L^*$ . No caso da cerâmica C900, não foi possível observar um comportamento dito como esperado, uma vez que a maior e a menor espessuras podem ser consideradas iguais e diferentes da espessura intermediária.

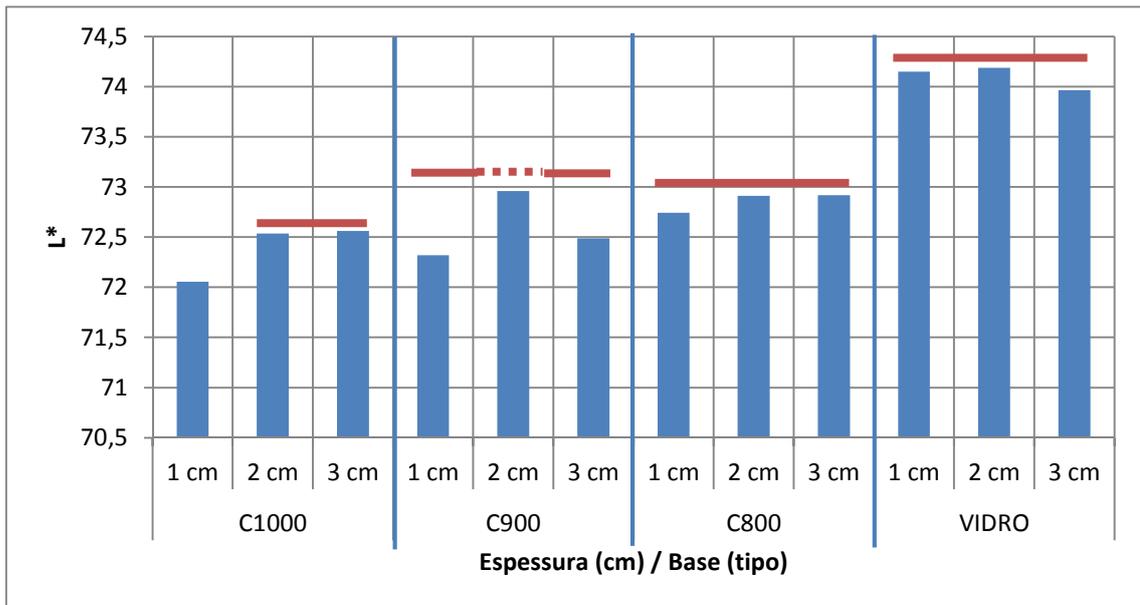


Figura 38: efeito da interação espessura da argamassa com o substrato nos diferentes substratos para o fator  $L^*$

Na figura 39, pode-se observar o efeito das bases para cada uma das espessuras utilizadas. Neste caso, para a espessura de 1 cm e a espessura de 2 cm, obteve-se comportamentos dentro do esperado, onde as bases porosas tivessem comportamentos semelhantes mas destoando da base com absorção nula. Para a espessura maior, 3 cm, esperava-se um comportamento onde não se pudesse observar diferenças causadas pela absorção da base. No entanto, é possível observar, tanto quando se verifica o efeito da espessura nas diferentes bases, como quando se observa o efeito da base nas diferentes espessuras, que o valor de  $L^*$  sofre influência da base. Quando se observa as bases porosas observa-se uma certa oscilação de comportamento (esta pode estar relacionada a proximidade entre suas capacidades de absorção, não sendo possível detectar esta diferença de forma precisa com os materiais, equipamentos e condições de ensaio adotadas), no entanto sempre sendo significativamente diferentes em relação à base não porosa.

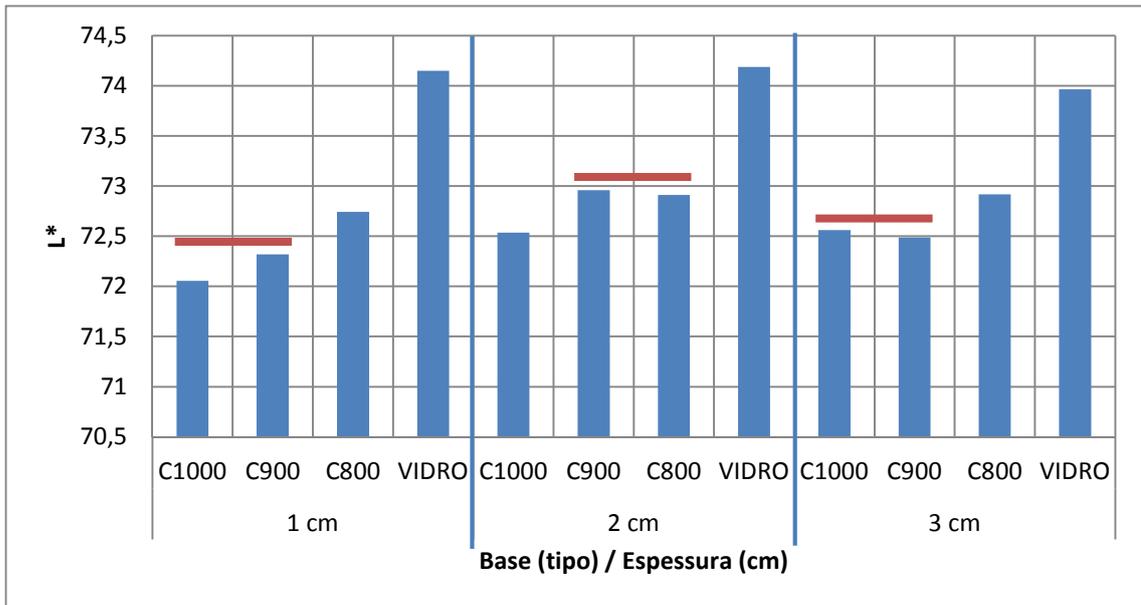


Figura 39: Influência da absorção da base para revestimentos de diferentes espessuras na luminosidade (L\*)

A influência do tempo de cura da argamassa no fator  $L^*$ , observado na figura 40. Os valores foram dispostos em ordem crescente para facilitar a comparação das médias. Neste caso pode se observar uma estabilização entre os 28 e 56 dias e uma oscilação aos 14 dias. Como existe uma diferença significativa entre os valores de  $L^*$  aos 56 dias em comparação aos 84 dias, pode-se inferir que até este período não houve uma estabilização deste fator.

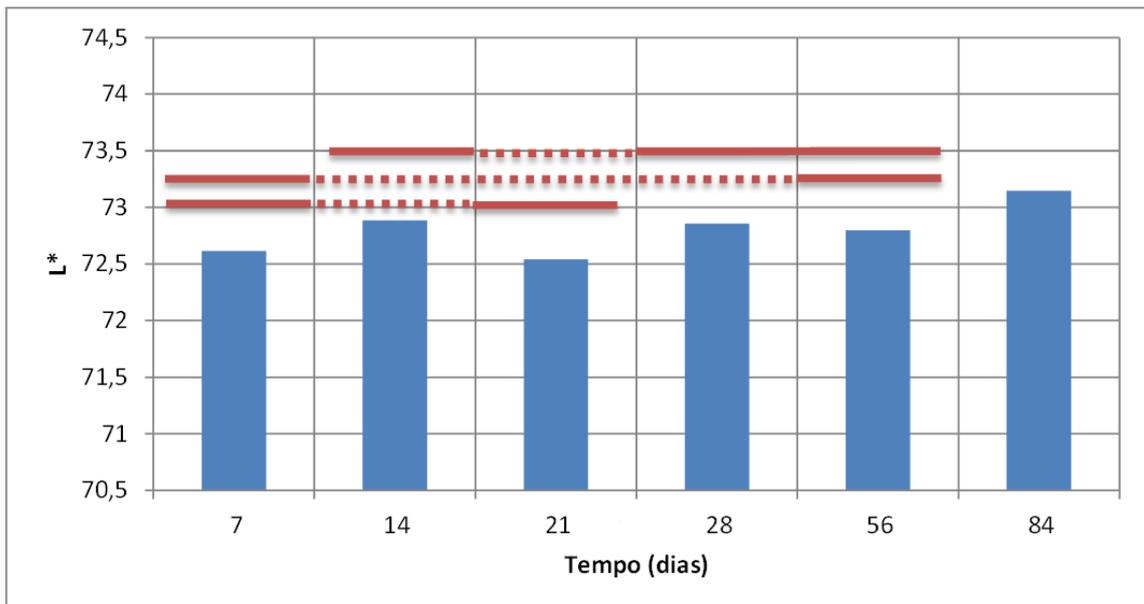


Figura 40: Influência da idade da argamassa na luminosidade (L\*)

### 6.2.2 C\* (saturação)

As tabelas 19 e 20 apresentam os fatores médios e desvios padrão respectivamente, de \*C (saturação) obtidos em função da variação da absorção da base e espessura do revestimento ao longo do tempo.

Tabela 19: influência do tipo de substrato, espessura de revestimento e tempo de cura em C\* (saturação de cor)

<b>Médias de C*</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Média Geral</b>
<b>Base: C1000</b>	<b>9,115</b>	<b>8,748</b>	<b>8,912</b>	<b>8,951</b>	<b>8,984</b>	<b>8,928</b>	<b>8,929</b>
Espessura: 1 cm	8,662	8,368	8,512	8,512	8,609	8,573	8,532
Espessura: 2 cm	9,333	8,960	9,199	9,223	9,212	9,134	9,168
Espessura: 3 cm	9,351	8,915	9,025	9,118	9,131	9,076	9,088
<b>Base: C900</b>	<b>9,068</b>	<b>8,803</b>	<b>8,899</b>	<b>8,976</b>	<b>8,987</b>	<b>8,935</b>	<b>8,940</b>
Espessura: 1 cm	8,622	8,382	8,463	8,459	8,551	8,495	8,488
Espessura: 2 cm	9,094	8,925	8,954	9,112	8,961	9,010	9,009
Espessura: 3 cm	9,475	9,100	9,280	9,357	9,448	9,301	9,318
<b>Base: C800</b>	<b>9,058</b>	<b>8,944</b>	<b>8,930</b>	<b>8,999</b>	<b>8,961</b>	<b>8,953</b>	<b>8,971</b>
Espessura: 1 cm	8,431	8,676	8,395	8,391	8,442	8,368	8,452
Espessura: 2 cm	9,188	8,890	9,069	9,159	9,193	9,093	9,093
Espessura: 3 cm	9,307	9,186	9,228	9,335	9,177	9,288	9,253
<b>Base: VIDRO</b>	<b>9,307</b>	<b>9,045</b>	<b>9,140</b>	<b>9,165</b>	<b>9,094</b>	<b>9,125</b>	<b>9,140</b>
Espessura: 1 cm	9,100	8,838	8,974	9,027	8,889	8,996	8,971
Espessura: 2 cm	9,417	9,073	9,234	9,312	9,158	9,127	9,209
Espessura: 3 cm	9,609	9,293	9,266	9,201	9,305	9,295	9,312
<b>Média Geral</b>	<b>9,114</b>	<b>8,867</b>	<b>8,948</b>	<b>9,005</b>	<b>8,995</b>	<b>8,968</b>	<b>8,977</b>

Tabela 20: desvios padrão médio dos resultados obtidos em função do tipo de substrato, espessura de revestimento e tempo de cura em C\* (saturação de cor)

<b>DesvPad de C*</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Média dos desvios</b>
<b>Base: C1000</b>	<b>0,472</b>	<b>0,575</b>	<b>0,431</b>	<b>0,544</b>	<b>0,494</b>	<b>0,470</b>	<b>0,509</b>
Espessura: 1 cm	0,239	0,365	0,233	0,223	0,240	0,241	0,273
Espessura: 2 cm	0,440	0,599	0,330	0,610	0,586	0,540	0,534
Espessura: 3 cm	0,342	0,548	0,380	0,430	0,358	0,365	0,424
<b>Base: C900</b>	<b>0,458</b>	<b>0,447</b>	<b>0,454</b>	<b>0,532</b>	<b>0,477</b>	<b>0,459</b>	<b>0,477</b>
Espessura: 1 cm	0,269	0,313	0,262	0,267	0,290	0,232	0,278
Espessura: 2 cm	0,329	0,244	0,301	0,417	0,309	0,323	0,327
Espessura: 3 cm	0,374	0,408	0,354	0,424	0,317	0,382	0,391
<b>Base: C800</b>	<b>0,602</b>	<b>0,575</b>	<b>0,582</b>	<b>0,630</b>	<b>0,591</b>	<b>0,593</b>	<b>0,594</b>
Espessura: 1 cm	0,413	0,630	0,382	0,282	0,320	0,286	0,410
Espessura: 2 cm	0,463	0,420	0,431	0,425	0,516	0,425	0,451
Espessura: 3 cm	0,524	0,545	0,538	0,629	0,565	0,552	0,556
<b>Base: VIDRO</b>	<b>0,409</b>	<b>0,446</b>	<b>0,341</b>	<b>0,338</b>	<b>0,398</b>	<b>0,309</b>	<b>0,379</b>
Espessura: 1 cm	0,382	0,328	0,335	0,356	0,369	0,301	0,348
Espessura: 2 cm	0,256	0,367	0,205	0,190	0,325	0,209	0,280
Espessura: 3 cm	0,384	0,542	0,388	0,377	0,397	0,341	0,412
<b>Média dos desvios</b>	<b>0,509</b>	<b>0,532</b>	<b>0,481</b>	<b>0,545</b>	<b>0,508</b>	<b>0,491</b>	<b>0,516</b>

Da mesma maneira que para o fator L\*, foram submetidos à comparação os valores obtidos para C\* em função das diferentes bases (absorções), espessuras do revestimento e tempo de cura da argamassa, analisou-se a influência destes fatores na saturação da cor. Todos os fatores resultaram em efeito significativo sobre os resultados, no entanto, quando se observa a interação entre as variáveis de estudo, apenas a interação tipo de base e a espessura alteraram significativamente os valores obtidos. A tabela ANOVA, que ilustra o exposto, é apresentada na tabela 21.

Tabela 21: tabela ANOVA para valores de \*C quanto a variação da espessura e absorção do substrato ao longo do tempo

Fonte (*C)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: Tipo da base	10,35	3	3,45	20,64	0,00%	Sim
B: Espes. Revest.	107,92	2	53,96	322,82	0,00%	Sim
C: Tempo de cura	6,68	5	1,34	8,00	0,00%	Sim
AB	12,12	6	2,02	12,08	0,00%	Sim
AC	2,32	15	0,15	0,92	53,63%	Não
BC	1,33	10	0,13	0,79	63,56%	Não
ABC	3,97	30	0,13	0,79	78,08%	Não
Erro/Resíduos	242,04	1448	0,17			
<b>TOTAL</b>	<b>386,73</b>	<b>1519</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

A partir do que foi obtido na tabela ANOVA, apenas o efeito do tempo de cura a interação Base/Espessura foram utilizados para a comparação de médias, gerando as figuras 41 a 43.

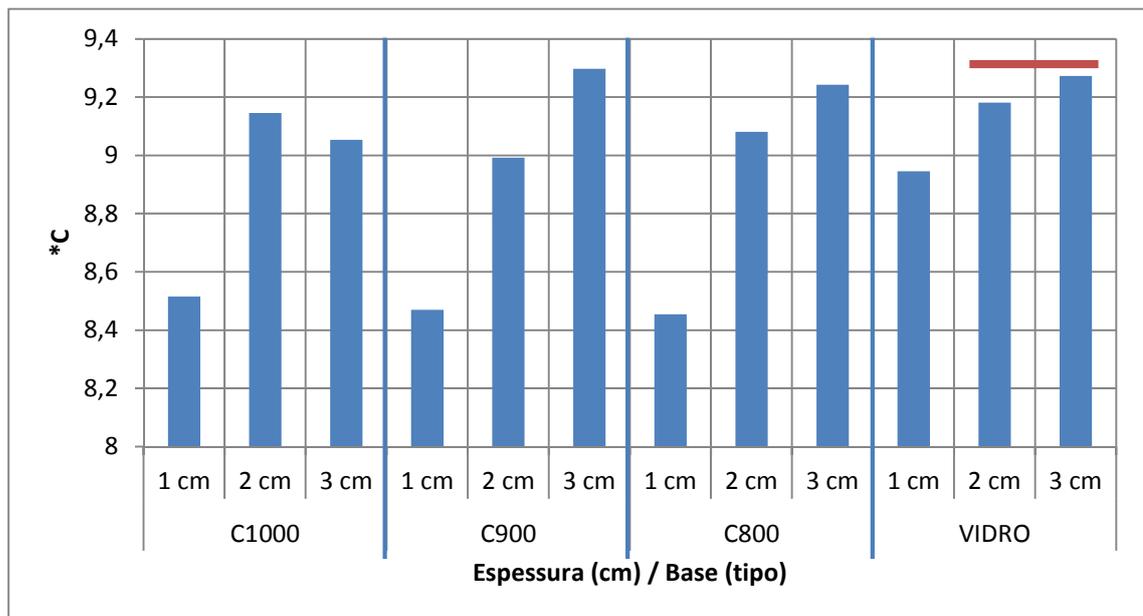


Figura 41: efeito da espessura nos diferentes substratos para o fator C\*

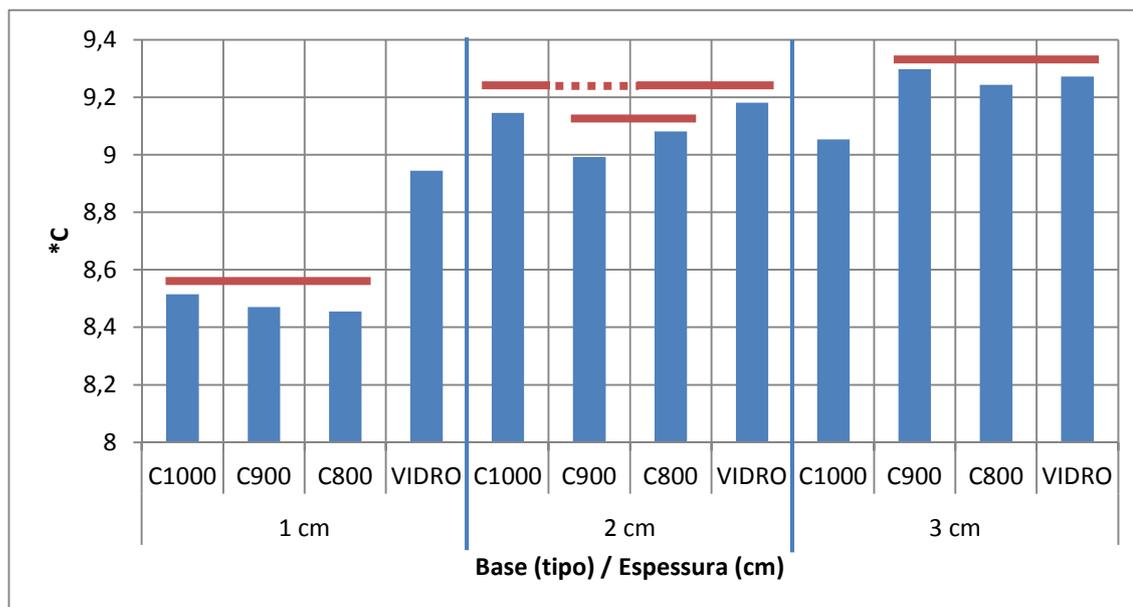


Figura 42: efeito da base nas diferentes espessuras para os valores de C\*

Baseado no que é apresentado nas figuras 41 e 42, quando se analisa o efeito da espessura para as diferentes absorções das bases em relação à saturação da cor (fator C\*), observa-se que existe influência da espessura do revestimento. Pode ser observado, de forma geral, que com o aumento da espessura há um aumento na saturação da cor. Este efeito, entre as diferentes espessuras, é significativo em todos os casos, exceto quando se compara as espessuras de 2 e 3cm para a base de absorção nula. Neste caso, pode-se inferir que, em função da absorção do vidro ser considerada igual a zero, a diferença gerada pela espessura de 1cm em relação as demais está relacionada à evaporação, efeito que também pode ser estendido aos demais casos. Para os outros casos, onde os efeitos foram mais evidentes, aponta-se para uma soma de fatores (uma vez que todos foram mantidos sob as mesmas condições de cura), evaporação e absorção do substrato.

De forma geral, analisando os efeitos da espessura do revestimento em relação aos substratos, observa-se que quanto menor a espessura, maior o efeito da absorção da base. Assim, pode-se afirmar que as espessuras de 2 e 3cm foram capazes de minimizar a diferença causada pela absorção do substrato. Cabe salientar, que havendo variação de espessura, existe uma tendência de ocorrer uma variação na saturação da cor (C\*). Esta diferença de espessura deve ser preenchida, a fim de reduzir as irregularidades da base, devendo-se ainda ter especial atenção ao material a ser utilizado, devendo este ser um material similar (principalmente no que diz respeito à absorção) para minimizar as chances de ocorrer alguma variação de cor.

Quando o comportamento é avaliado ao longo do tempo, observa-se que em relação ao fator  $C^*$  (saturação) existe uma estabilização após 21 dias de cura. Cabe salientar que aos 14 dias ocorre uma mudança de comportamento. A figura 43 apresenta as comparações de média dos valores de  $C^*$  em função ao tempo de cura.

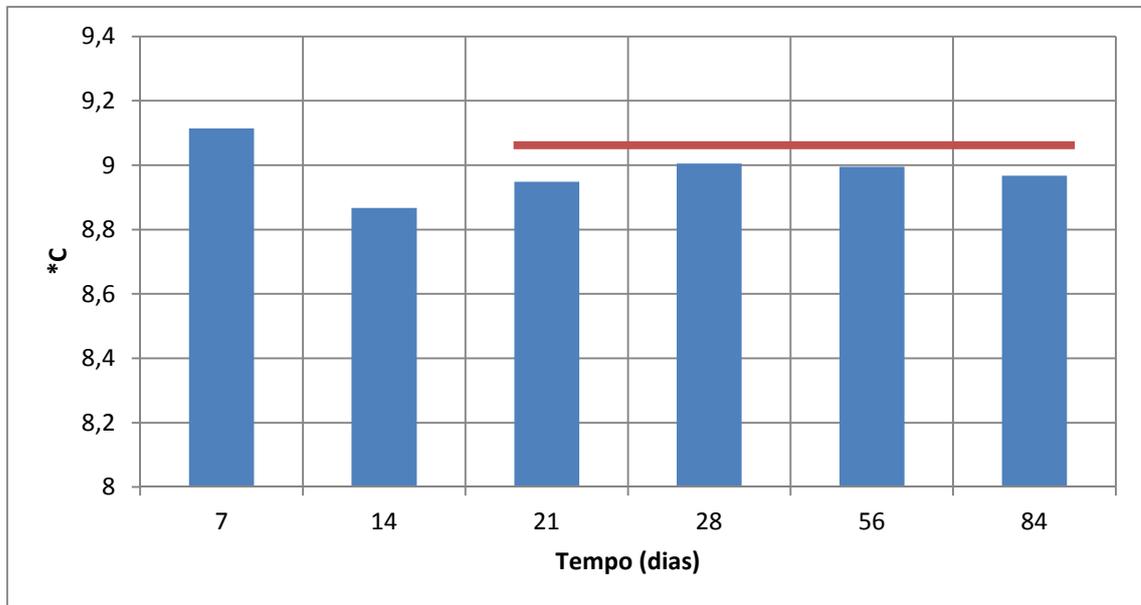


Figura 43: Influência da idade da argamassa no parâmetro  $C^*$

### 6.2.3 $h$ ( $^\circ$ ) (tonalidade)

As tabelas 22 e 23 apresentam os valores médios e desvio padrão, respectivamente, de  $h$  ( $^\circ$ ) (tonalidade) obtidos em função da variação da absorção da base e espessura do revestimento ao longo do tempo.

Tabela 22: valores médios de  $h(^{\circ})$  em função da variação da base e a espessura de revestimento

<b>Médias de <math>h (^{\circ})</math></b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Média Geral</b>
<b>Base: C1000</b>	<b>80,710</b>	<b>81,004</b>	<b>80,750</b>	<b>80,665</b>	<b>80,803</b>	<b>80,728</b>	<b>80,781</b>
Espessura: 1 cm	80,342	80,813	80,581	80,406	80,602	80,504	80,553
Espessura: 2 cm	80,805	81,054	80,745	80,834	80,829	80,860	80,857
Espessura: 3 cm	80,984	81,145	80,925	80,756	80,979	80,820	80,932
<b>Base: C900</b>	<b>80,640</b>	<b>80,876</b>	<b>80,740</b>	<b>80,712</b>	<b>80,733</b>	<b>80,732</b>	<b>80,743</b>
Espessura: 1 cm	80,464	80,849	80,379	80,317	80,618	80,571	80,537
Espessura: 2 cm	80,528	80,814	80,926	80,954	80,762	80,888	80,812
Espessura: 3 cm	80,984	80,965	80,914	80,867	80,820	80,738	80,875
<b>Base: C800</b>	<b>80,694</b>	<b>80,775</b>	<b>80,832</b>	<b>80,745</b>	<b>80,723</b>	<b>80,737</b>	<b>80,753</b>
Espessura: 1 cm	80,521	80,602	80,699	80,424	80,625	80,597	80,581
Espessura: 2 cm	80,912	80,966	80,893	80,831	80,824	80,781	80,865
Espessura: 3 cm	80,670	80,762	80,887	80,922	80,721	80,810	80,795
<b>Base: VIDRO</b>	<b>81,040</b>	<b>81,131</b>	<b>81,038</b>	<b>80,925</b>	<b>80,865</b>	<b>80,961</b>	<b>80,992</b>
Espessura: 1 cm	80,897	80,883	81,038	80,993	80,742	80,947	80,917
Espessura: 2 cm	81,093	81,097	81,023	80,944	80,829	80,893	80,973
Espessura: 3 cm	81,274	81,497	81,053	80,815	81,064	81,046	81,116
<b>Média Geral</b>	<b>80,738</b>	<b>80,919</b>	<b>80,816</b>	<b>80,742</b>	<b>80,769</b>	<b>80,767</b>	<b>80,794</b>

Tabela 23: valores do desvio padrão das médias de  $h(^{\circ})$  em função da variação da base e a espessura de revestimento

<b>DesvPad de <math>h (^{\circ})</math></b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Médias dos desvios</b>
<b>Base: C1000</b>	<b>0,395</b>	<b>0,449</b>	<b>0,351</b>	<b>0,383</b>	<b>0,303</b>	<b>0,317</b>	<b>0,382</b>
Espessura: 1 cm	0,209	0,498	0,408	0,338	0,295	0,253	0,378
Espessura: 2 cm	0,319	0,427	0,229	0,358	0,229	0,320	0,330
Espessura: 3 cm	0,328	0,360	0,318	0,321	0,261	0,254	0,328
<b>Base: C900</b>	<b>0,449</b>	<b>0,453</b>	<b>0,500</b>	<b>0,461</b>	<b>0,375</b>	<b>0,380</b>	<b>0,441</b>
Espessura: 1 cm	0,237	0,327	0,297	0,281	0,289	0,281	0,336
Espessura: 2 cm	0,540	0,227	0,243	0,202	0,187	0,162	0,319
Espessura: 3 cm	0,242	0,680	0,648	0,536	0,542	0,538	0,559
<b>Base: C800</b>	<b>0,480</b>	<b>0,365</b>	<b>0,319</b>	<b>0,372</b>	<b>0,282</b>	<b>0,300</b>	<b>0,355</b>
Espessura: 1 cm	0,234	0,265	0,234	0,210	0,285	0,219	0,254
Espessura: 2 cm	0,250	0,389	0,320	0,379	0,260	0,210	0,313
Espessura: 3 cm	0,609	0,351	0,350	0,310	0,278	0,372	0,398
<b>Base: VIDRO</b>	<b>0,355</b>	<b>0,477</b>	<b>0,425</b>	<b>0,354</b>	<b>0,411</b>	<b>0,316</b>	<b>0,400</b>
Espessura: 1 cm	0,362	0,355	0,420	0,314	0,425	0,328	0,372
Espessura: 2 cm	0,246	0,529	0,546	0,470	0,428	0,343	0,444
Espessura: 3 cm	0,324	0,345	0,316	0,264	0,321	0,276	0,367
<b>Médias dos desvios</b>	<b>0,451</b>	<b>0,446</b>	<b>0,410</b>	<b>0,405</b>	<b>0,338</b>	<b>0,339</b>	<b>0,403</b>

Diferentemente dos fatores L\* e C\* no caso do fator h (°), as variáveis de estudo relacionadas à absorção do substrato, espessura do revestimento e tempo de cura. Neste caso, a interação entre todas as variáveis de estudo (como pode ser observado na tabela 24) foi significativa.

Tabela 24: tabela ANOVA para valores de h (°) quanto a variação da espessura e substrato ao longo do tempo

Fonte (*h)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: Tipo da base	12,29	3	4,10	31,98	0,00%	Sim
B: Espes. Revest.	22,65	2	11,33	88,42	0,00%	Sim
C: Tempo de cura	6,17	5	1,23	9,63	0,00%	Sim
AB	3,37	6	0,56	4,38	0,02%	Sim
AC	3,62	15	0,24	1,89	2,08%	Sim
BC	1,91	10	0,19	1,49	13,54%	Não
ABC	10,54	30	0,35	2,74	0,00%	Sim
Erro/Resíduos	185,50	1448	0,13			
<b>TOTAL</b>	<b>246,05</b>	<b>1519</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

Visto que a interação ABC, segundo análise ANOVA, apresentou efeito significativo, ou seja, os fatores de controle alteram seu comportamento em função da outra, faz-se necessária uma análise diferenciada em relação aos fatores \*L e \*C, onde o efeito de todas as variáveis é comparado em função das demais. A tabela com as comparações de todas as médias foi suprimida do texto principal pelo porte e quantidade de informações constantes. Neste sentido, a fim de viabilizar uma análise mais simples e objetiva, os tempos de cura utilizados como referência para as análises foram 7, 28 e 84 dias. Onde, para cada idade foi analisado o efeito da espessura do revestimento de argamassa em função da absorção do substrato, e o efeito da absorção do substrato para cada espessura de revestimento.

Para os valores de h(°) (tonalidade), iniciou-se analisando o efeito da espessura do revestimento para cada um dos diferentes substratos, isto em função de cada uma das idades adotadas. A partir da análise estatística realizada, foram gerados os gráficos das figuras 44 a 46.

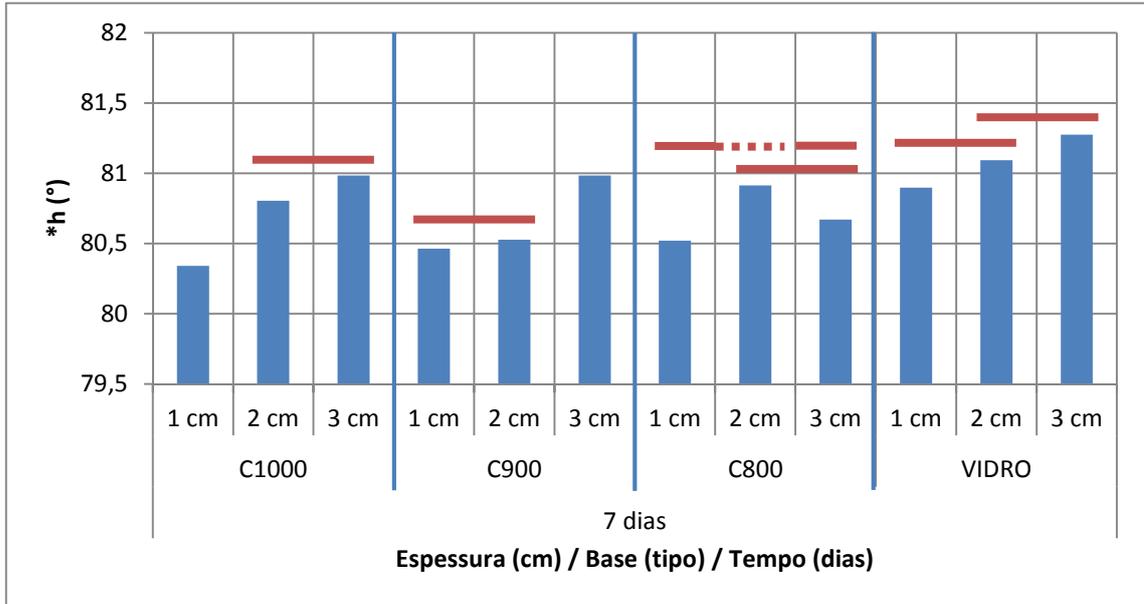


Figura 44: efeito da variação da espessura do revestimento de argamassa em função dos diferentes substratos, aos 7 dias, para o fator  $h(^{\circ})$  (tonalidade)

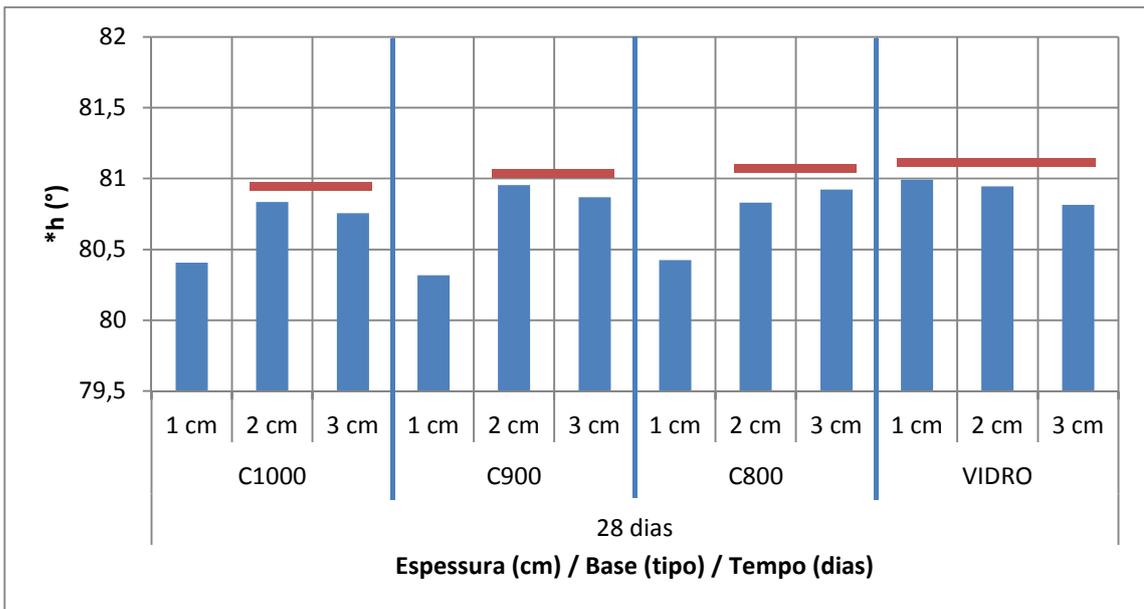


Figura 45: efeito da variação da espessura do revestimento de argamassa em função dos diferentes substratos, aos 28 dias, para o fator  $h(^{\circ})$  (tonalidade)

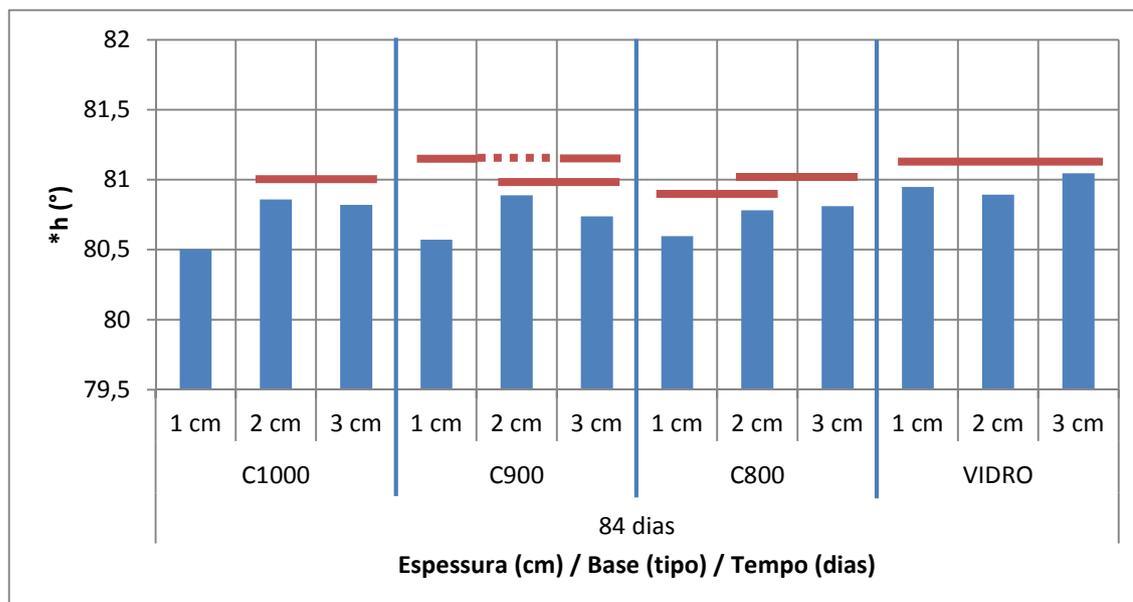


Figura 46: efeito da variação da espessura do revestimento de argamassa em função dos diferentes substratos, aos 84 dias, para o fator  $h(^{\circ})$  (tonalidade)

Neste caso pode se perceber que, para todas as idades, quando se observa apenas o comportamento em função dos substratos C1000 e Vidro, existe uma tendência de comportamento clara. Onde, tanto para o vidro como para a cerâmica C1000, há um efeito significativo em função da espessura do revestimento. No caso do vidro, obteve-se aos 7 dias uma diferença na tonalidade, fator  $h(^{\circ})$ , entre as espessuras de 1 e 3 cm (extremidades), esta diferença não é mais percebida após os 28 dias. Para o comportamento do efeito da espessura do revestimento em função da base C1000, observa-se que a tonalidade obtida com a utilização da espessura de 1 cm se difere das demais (2 e 3 cm, estas não geram efeito significativo entre si). No entanto, neste caso esta diferença se manteve ao longo do período observado (84 dias). Podendo-se inferir desta maneira, que a absorção da base, tem maior efeito sobre a tonalidade para espessuras de revestimento menores.

Para as bases intermediárias, C900 e C800, o comportamento não é tão bem definido, quanto para os substratos C1000 e Vidro. No entanto, o que se pode concluir é que há uma diferença gerada em função da espessura do revestimento e que esta diferença reduz ao longo do tempo (podendo, eventualmente, não ser observadas em idades maiores).

Para avaliar o efeito do tipo de base em função da espessura, também foram feitas comparações de médias para 7, 28 e 84 dias, sendo estas apresentadas nas figuras 47 a 49.

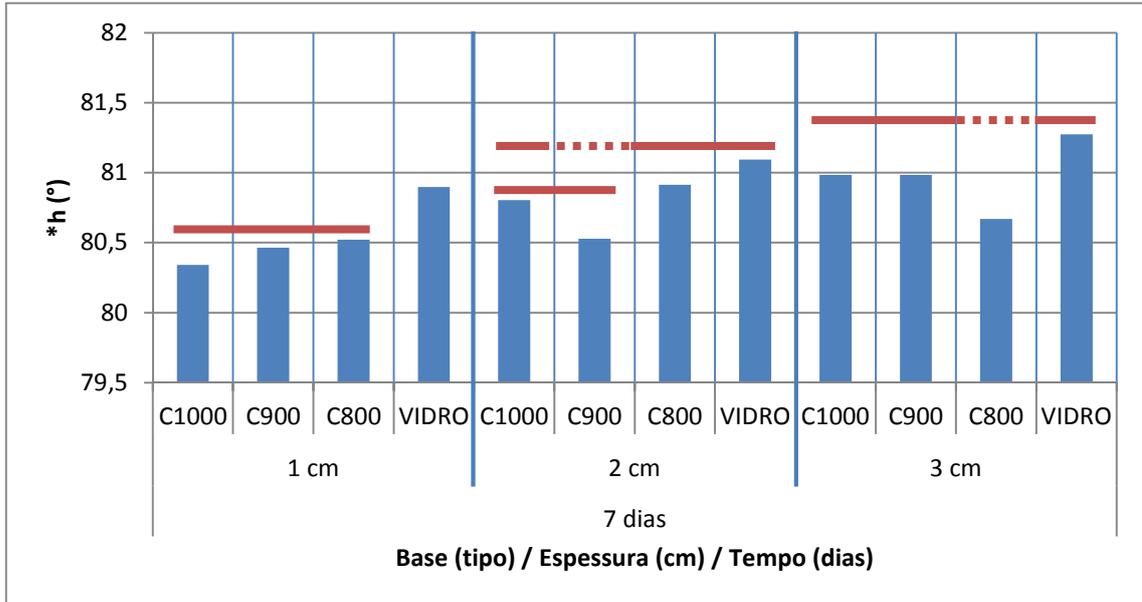


Figura 47: efeito da absorção do substrato em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h(^{\circ})$  (efeito até os 7 dias)

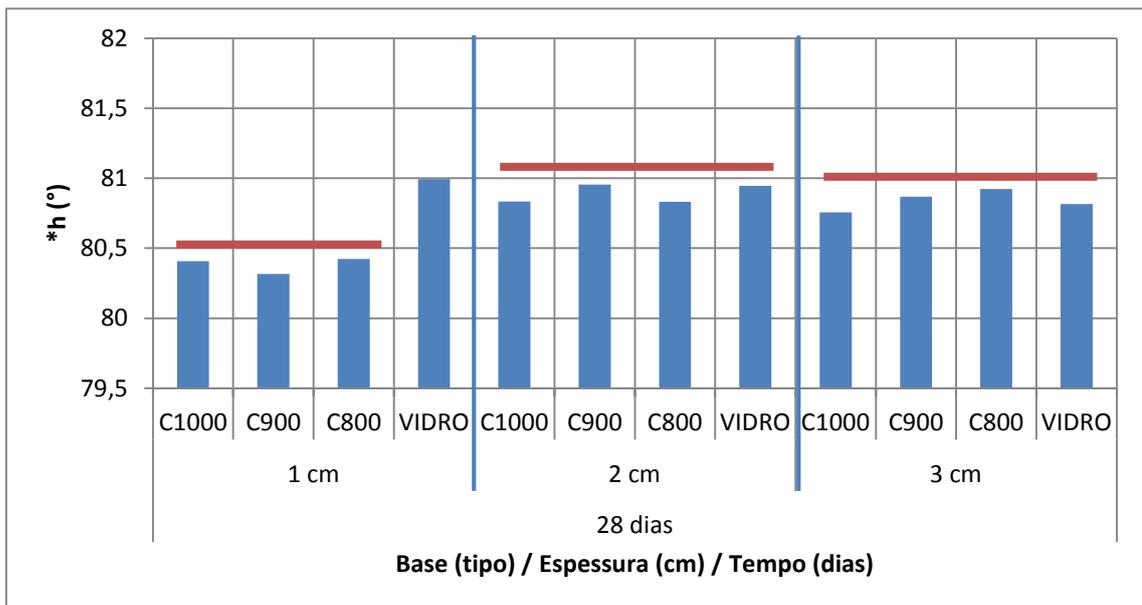


Figura 48: efeito da absorção do substrato em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h(^{\circ})$  (efeito até os 28 dias)

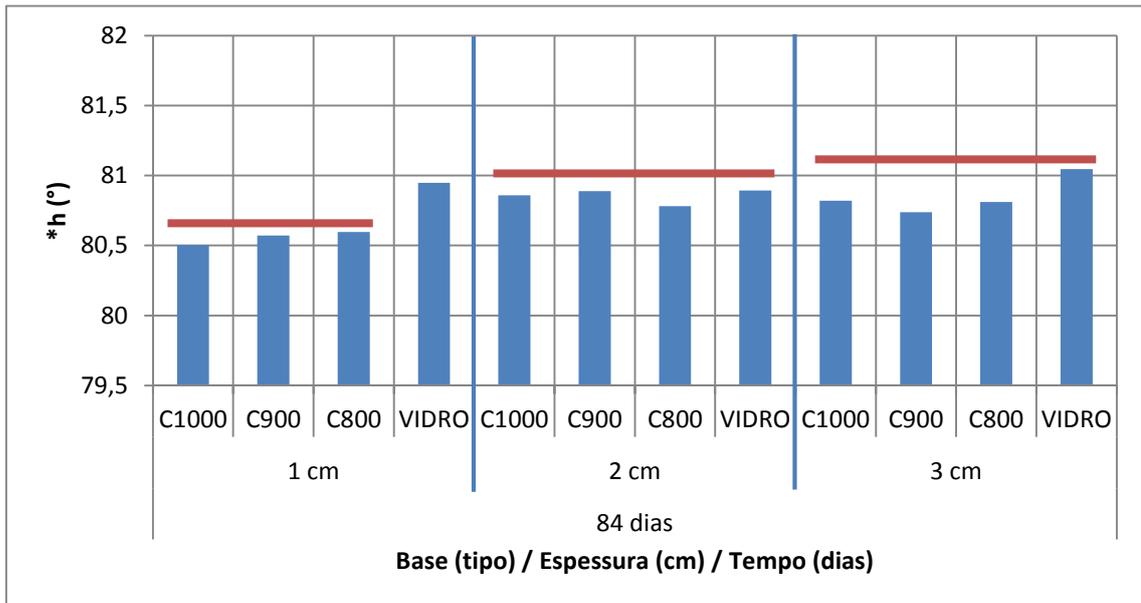


Figura 49: efeito da absorção do substrato em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h(^{\circ})$  (efeito até os 84 dias)

Neste caso observa-se que para espessura de 1 cm, não há diferença significativa entre as bases porosas, porém, quando estas são comparadas com o substrato não poroso (vidro) para a mesma espessura, 1 cm, há um efeito significativo sobre o valor obtido para a tonalidade (fator  $h(^{\circ})$ ), este comportamento não se alterou ao longo do tempo (até os 84 dias). Em relação às espessuras de 2 e 3 cm, aos 7 dias existem algumas diferenças de tonalidade em função da alteração do comportamento da absorção dos substrato, no entanto esta diferença significativa não pode ser observada nas idades de 28 e 84 dias. No caso do fator  $h(^{\circ})$ , após 28 dias, as espessuras de 2 e 3 cm foram capazes de encobrir o efeito da diferença de absorção dos substratos estudados. Devendo-se desta forma considerar o uso de espessuras maiores tão maiores for às diferenças de absorção da base.

Analisados os efeitos da variação da espessura e das bases sobre a tonalidade ( $h(^{\circ})$ ), passou-se então para a análise do efeito do tempo para cada uma das variáveis de espessura do revestimento e absorção do substrato. As comparações de média a respeito do fator  $h(^{\circ})$ , neste caso, nas figuras 50 a 52, são apresentadas o comportamento ao longo do tempo (7, 28 e 84 dias) em função do substrato para cada uma das espessuras. Nas figuras 53 a 56, são apresentadas as comparações de médias da tonalidade ao longo do tempo (7, 28 e 84 dias) em função da espessura do revestimento para cada um dos substratos utilizados.

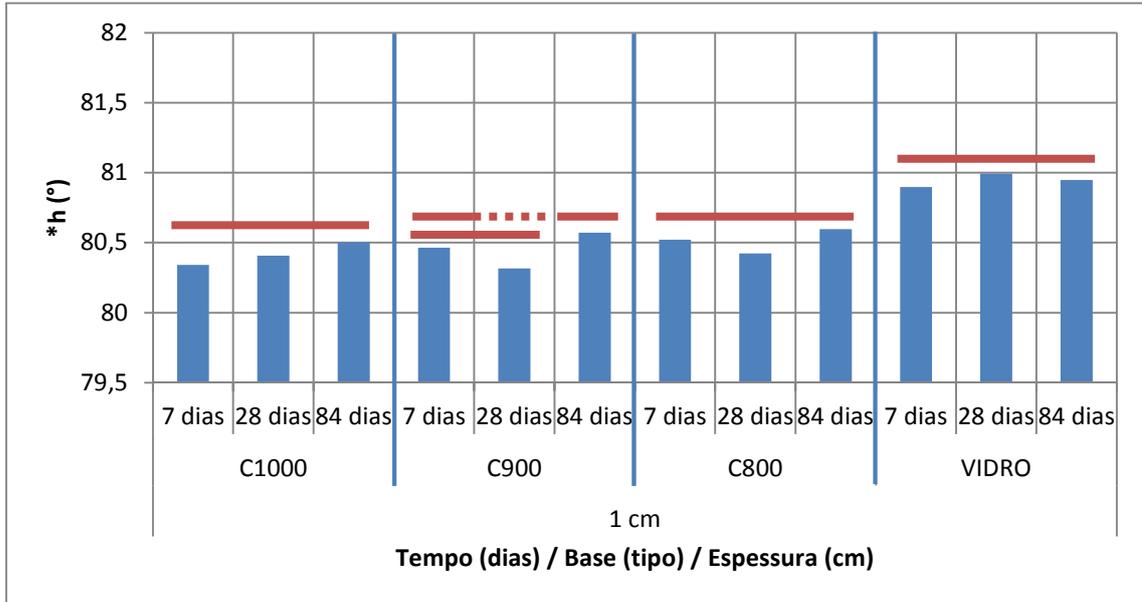


Figura 50: efeito do tempo em função da base sobre o fator  $h(^{\circ})$  para 1 cm de espessura do revestimento

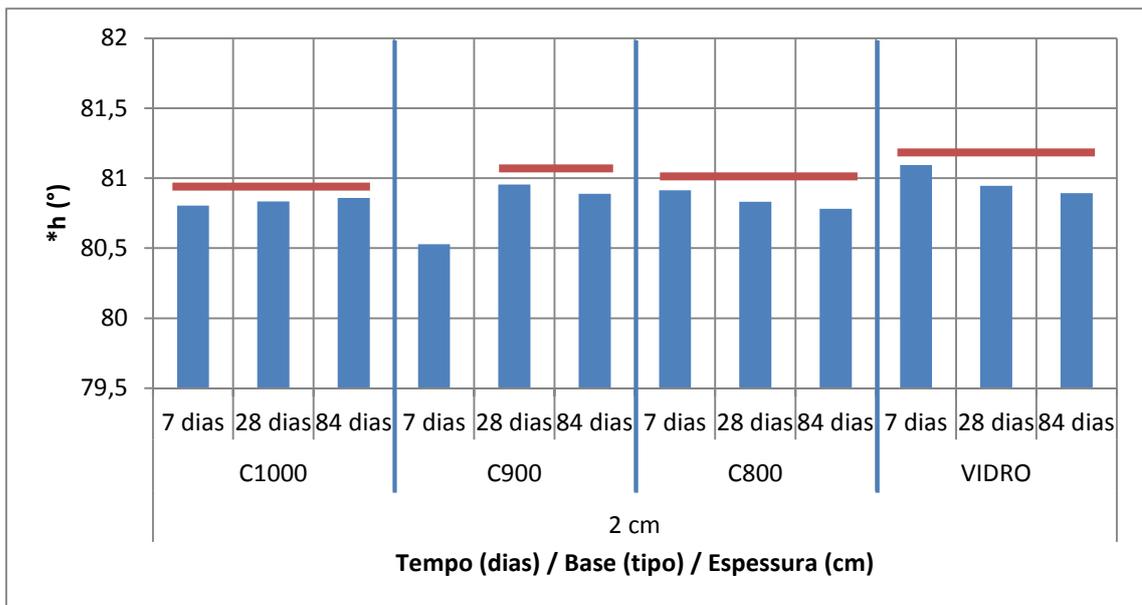


Figura 51: efeito do tempo em função da base sobre o fator  $h(^{\circ})$  para 2 cm de espessura do revestimento

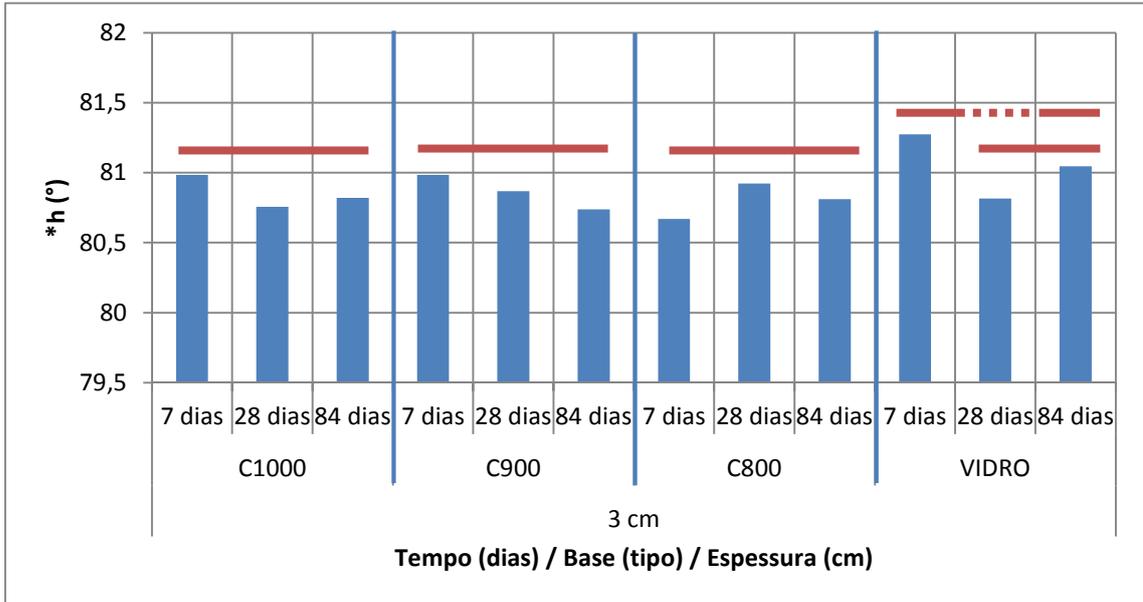


Figura 52: efeito do tempo em função da base sobre o fator  $h$ (°) para 3 cm de espessura do revestimento

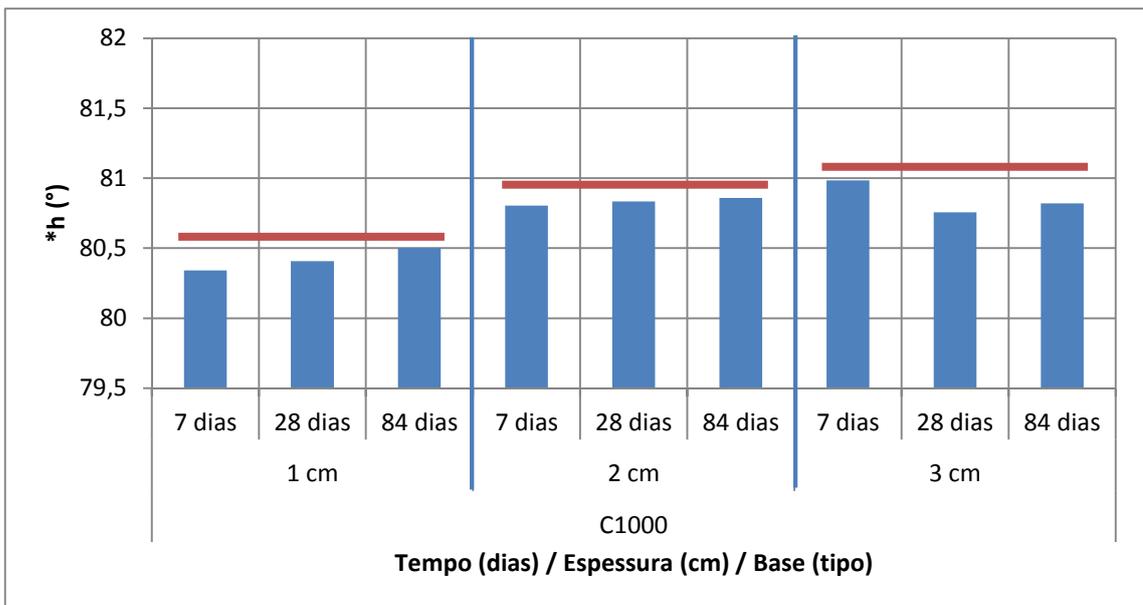


Figura 53: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h$ (°) para a base cerâmica queimada a 1000°C

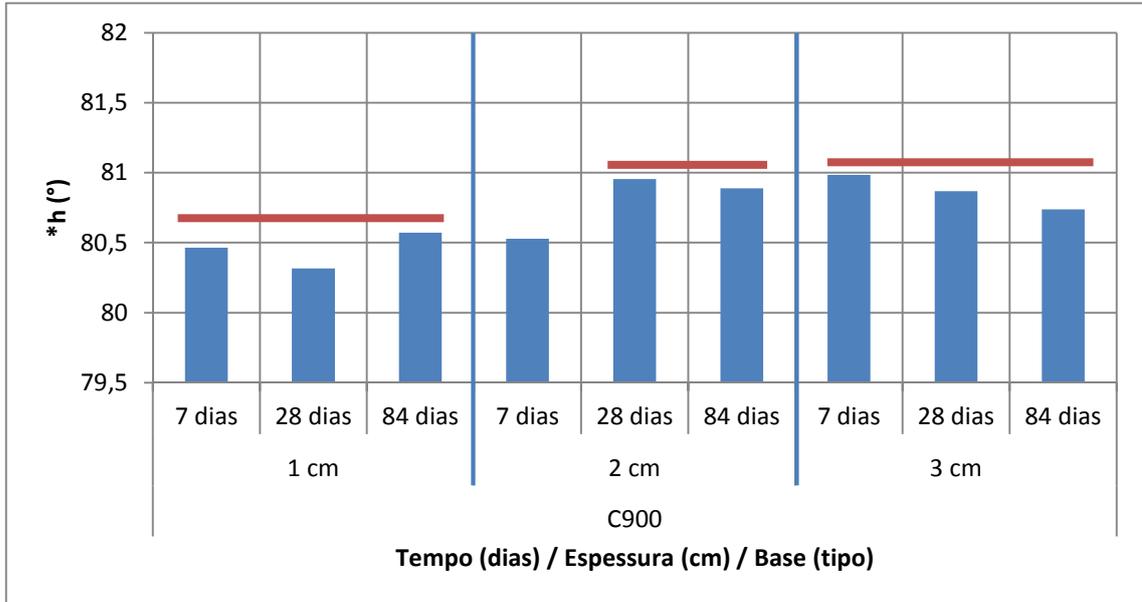


Figura 54: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h(^{\circ})$  para a base cerâmica queimada a  $900^{\circ}\text{C}$

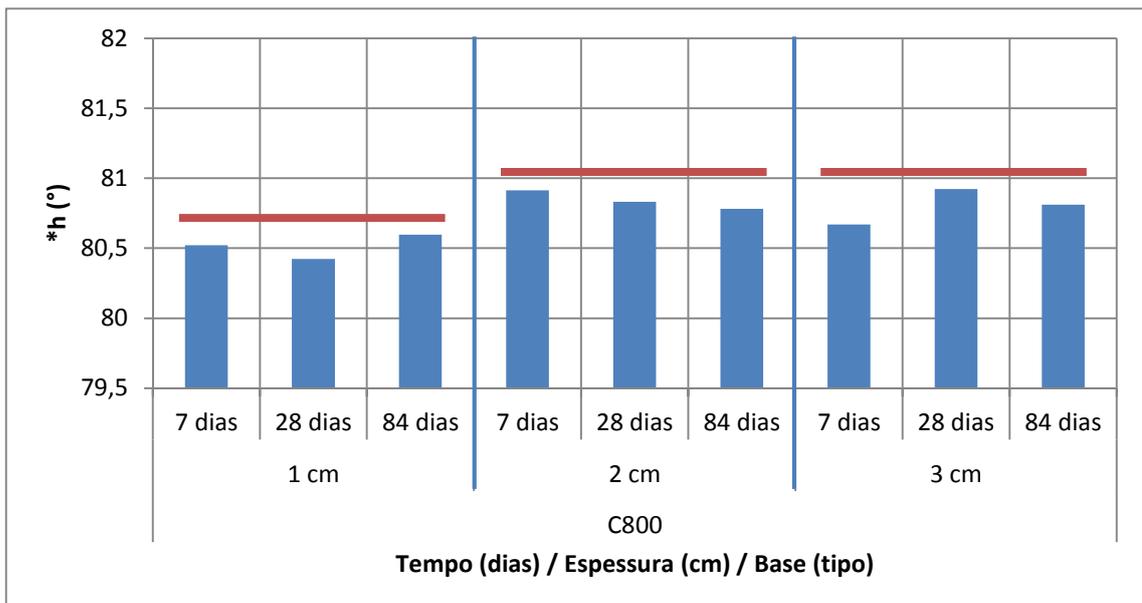


Figura 55: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h(^{\circ})$  para a base cerâmica queimada a  $800^{\circ}\text{C}$

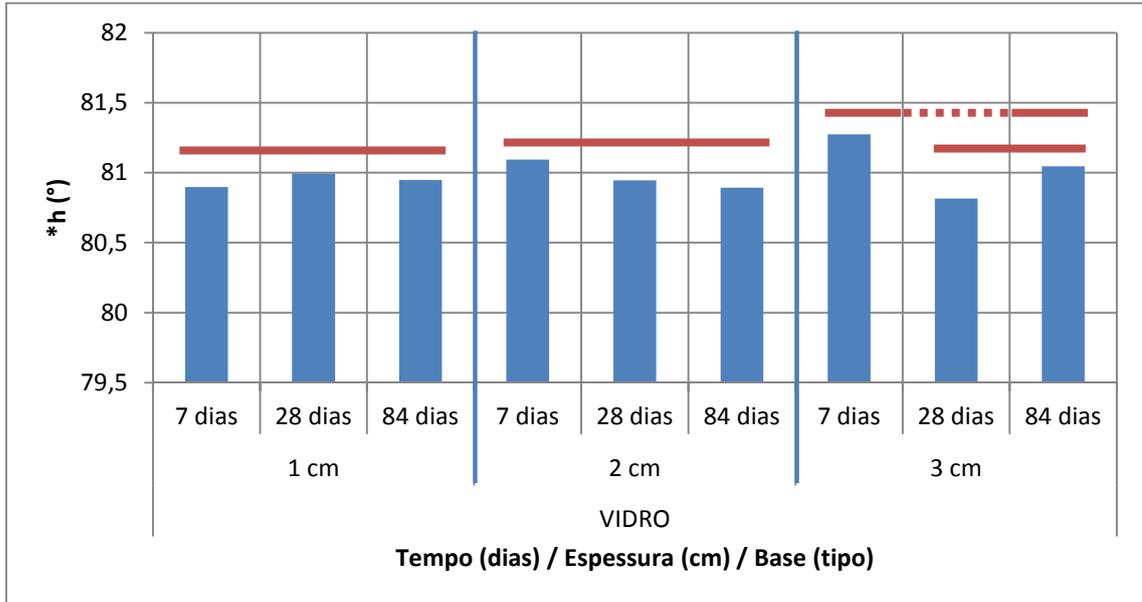


Figura 56: efeito do tempo em função da espessura do revestimento sobre o fator  $h(^{\circ})$  para a base de vidro

Nota-se, portanto, que quanto à tonalidade do revestimento de argamassa, existe de fato uma tendência de estabilização ao longo do tempo. Neste sentido, quanto ao fator  $h(^{\circ})$ , algumas diferenças observadas nas primeiras idades tendem a desaparecer ao longo do tempo (para as variáveis deste estudo).

Esta etapa pode ser resumida da seguinte forma:

- O fator  $L^*$  (luminosidade) sofre efeito significativo em função da espessura para a base com maior absorção inicial. Quanto ao efeito das absorções da base, apesar de o uso da espessura de 30 mm reduzir a diferença, para todas as espessuras é observado o efeito da base;
- fator  $C^*$  (saturação) apresenta diferença significativa em função da espessura, e esta diferença é maior para espessura menor. Quanto ao efeito da absorção do substrato, para espessura de 10 mm a diferença entre as bases porosas e a base impermeável é bem definida, ao se utilizar espessuras maiores estas diferenças ocorrem mas sem uma definição clara;
- fator  $h^*$  (tonalidade), para este fator, existe uma alteração no comportamento em função do tempo. No caso da tonalidade, quando foi utilizado uma espessura de 10mm sobre a base de maior absorção inicial (C1000), esta espessura gerou uma variação significativa de  $h(^{\circ})$  em relação as demais espessuras, o mesmo não ocorre para a base impermeável, onde a espessura não gerou diferença significativa, para

os 84 dias. Quanto o efeito da absorção do substrato, apenas é observada diferença significativa para a espessura menor, 10mm.

### 6.3 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE CURA INICIAL (ETAPA 3)

Neste caso, como todas as bases utilizadas eram iguais, o que resultou em um mesmo tamanho de amostra para os diferentes níveis de estudo, que não foi necessário determinar diferentes limites de decisão. A figura 57 apresenta o fluxograma relativo a esta etapa.

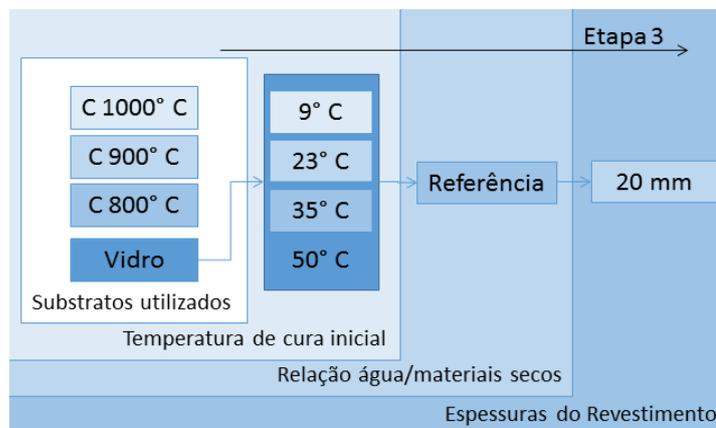


Figura 57: fluxograma da etapa 3

#### 6.3.1 L\*(luminosidade)

As tabelas 25 e 26 apresentam os valores médios e desvios padrão, respectivamente de L\* (luminosidade) obtidos em função da variação da temperatura de cura inicial e tempo de cura.

Tabela 25: influência da temperatura inicial de cura na luminosidade (L\*) ao longo do tempo

Médias de L*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Média Geral
9° C	71,953	73,333	73,413	74,133	73,420	74,761	73,502
23° C	72,713	73,511	73,458	74,003	73,629	73,868	73,524
35° C	69,701	72,940	73,137	73,753	72,693	73,777	72,667
50° C	69,915	73,301	73,606	74,074	73,119	74,270	73,048
<b>Média Geral</b>	<b>71,305</b>	<b>73,319</b>	<b>73,415</b>	<b>73,993</b>	<b>73,298</b>	<b>74,169</b>	<b>73,240</b>

Tabela 26: desvios padrão das médias de L\* sob influência da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo

DesvPad de L*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Médias dos desvios
9° C	1,185	0,742	0,937	0,826	1,080	0,963	1,272
23° C	1,686	1,575	0,992	0,999	1,024	1,390	1,324
35° C	2,085	1,256	1,172	1,395	1,342	1,280	1,977
50° C	1,173	0,762	0,764	0,846	0,757	0,733	1,682
<b>Médias dos desvios</b>	<b>2,050</b>	<b>1,231</b>	<b>0,968</b>	<b>1,015</b>	<b>1,094</b>	<b>1,155</b>	<b>1,581</b>

Neste caso, todos os fatores tiveram como resultado efeito significativo sobre a luminosidade, incluindo sua interação, o que pode ser observado na tabela 27.

Tabela 27: tabela ANOVA para valores de L\* quanto à variação da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo

Fonte (L*)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: Temperatura	25,20	3	8,40	6,248	0,04%	Sim
B: Tempo de cura	334,49	5	66,90	49,761	0,00%	Sim
AB	43,92	15	2,93	2,178	0,07%	Sim
Erro/Resíduos	354,92	264	1,34			
<b>TOTAL</b>	<b>758,53</b>	<b>287</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

Como a interação temperatura inicial de cura (9°, 23°, 35° e 50°C) e o tempo de cura teve efeito significativo. As figuras 58 e 59 apresentam a comparação de médias para os valores obtidos para L\* em função das variáveis desta etapa. Os valores sem diferença significativa estão ligados por retas, esta comparação de médias utilizou um intervalo de confiança igual a 95%.

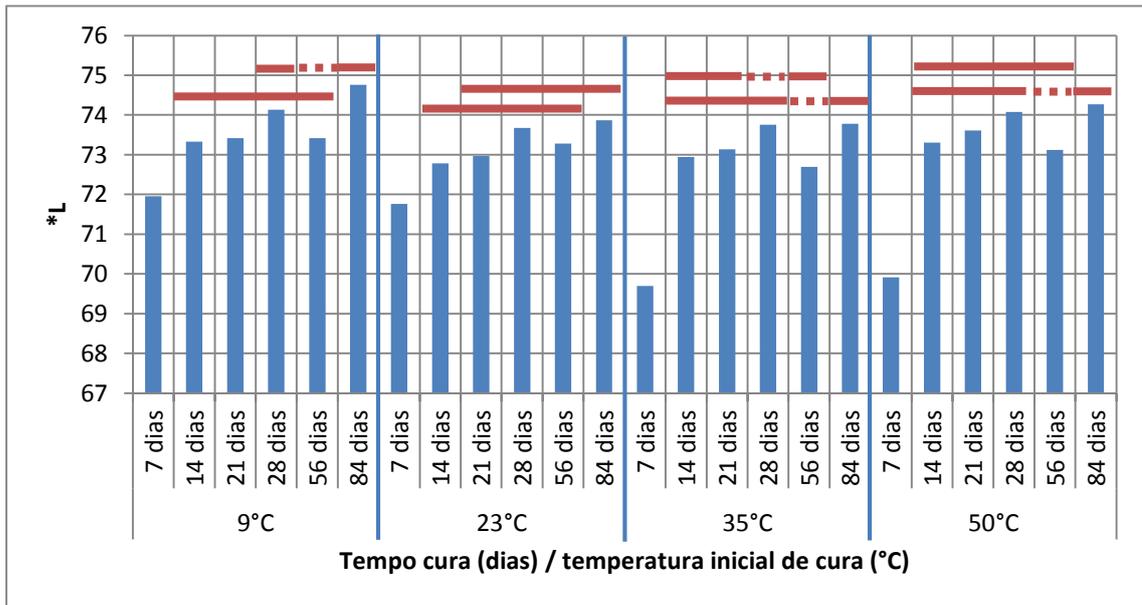


Figura 58: efeito do tempo em função da temperatura de cura inicial para valores médios de L\*

Observa-se que o efeito do tempo em função da temperatura inicial de cura, apresenta, na sua maioria, efeitos significativos relacionados à primeira idade (7 dias). No caso anterior, não há diferenças significativas entre as leituras dos 14 e 28 dias. Observa-se ainda que não há diferença significativa entre a leitura aos 28 dias e aos 84 dias em todas as temperaturas. No entanto, em apenas uma condição (23°C), o valor obtido aos 56 dias não apresentou diferença significativa em relação ao valor obtido aos 84 dias, demonstrando que até a data referente a 84 dias de cura, não se pode afirmar que não ocorrerão variações na cor relacionadas à luminosidade (L\*).

No sentido de se avaliar o efeito da temperatura de cura inicial em cada uma das idades, analisou-se a figura 59, onde se pode observar que apenas para a idade inicial de 7 dias foi possível se observar uma diferença significativa sobre o fator L\*. Podendo-se afirmar então, de que após as primeiras idades não foi mais possível observar diferenças significativas de L\* em função da variação de temperatura inicial de cura.

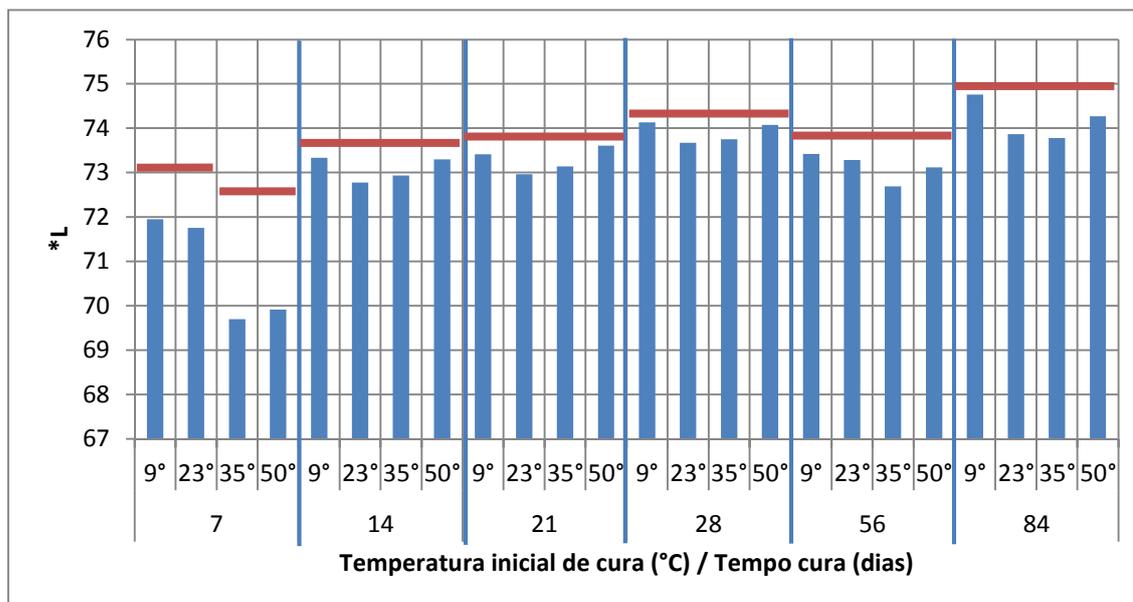


Figura 59: valores médios de L\* em função do efeito da temperatura de cura inicial para cada tempo de cura

### 6.3.2 C\* (saturação)

As tabelas 28 e 29 apresentam os valores médios e desvios padrão, respectivamente de C\* (saturação) obtidos em função da variação da temperatura de cura inicial e tempo de cura ao longo do tempo.

Tabela 28: influência da temperatura inicial de cura na saturação da cor (C\*) ao longo do tempo

Médias de C*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Geral
9° C	9,547	9,259	9,081	9,248	9,279	9,011	9,238
23° C	9,546	9,122	9,138	9,246	9,184	8,883	9,204
35° C	11,246	9,542	9,491	9,597	9,964	9,225	9,844
50° C	11,239	9,169	9,024	9,173	9,656	8,778	9,506
<b>Total Geral</b>	<b>10,273</b>	<b>9,243</b>	<b>9,174</b>	<b>9,302</b>	<b>9,454</b>	<b>8,974</b>	<b>9,408</b>

Tabela 29: desvios padrão das médias de C\* sob influência da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo

DesvPad de C*	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Médias dos desvios
9° C	0,324	0,234	0,308	0,220	0,377	0,294	0,334
23° C	0,443	0,357	0,328	0,280	0,323	0,337	0,382
35° C	0,751	0,505	0,521	0,668	0,739	0,516	0,900
50° C	0,265	0,290	0,173	0,223	0,374	0,215	0,862
<b>Médias dos desvios</b>	<b>0,966</b>	<b>0,385</b>	<b>0,378</b>	<b>0,394</b>	<b>0,541</b>	<b>0,385</b>	<b>0,680</b>

Da mesma forma que o fator L\*, nestas mesmas condições de estudo, todas as variáveis apresentaram em efeito significativo sobre o valor do fator C\* (saturação), inclusive sua interação. Isto pode ser observado na tabela 30, onde é apresentada tabela ANOVA para os valores de saturação obtidos em função da variação da temperatura de cura inicial, ao longo do tempo.

Tabela 30: tabela ANOVA para valores de C\* quanto a variação da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo

Fonte (C*)	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probab.	Sig.
A: Temperatura	19,68	3	6,56	37,38	0,00%	Sim
B: Tempo de cura	62,38	5	12,48	71,09	0,00%	Sim
AB	23,29	15	1,55	8,85	0,00%	Sim
Erro/Resíduos	46,29	264	0,18			
<b>TOTAL</b>	<b>151,62</b>	<b>287</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

Neste contexto, onde a interação entre a temperatura inicial de cura e o tempo de cura apresentou efeito significativo, foi necessário avaliar o efeito do tempo de cura em função da temperatura de cura inicial e também o efeito da temperatura de cura inicial em função do tempo. Para tanto, as figuras 60 e 61 apresentam as comparações de médias em relação as variáveis mencionadas acima.

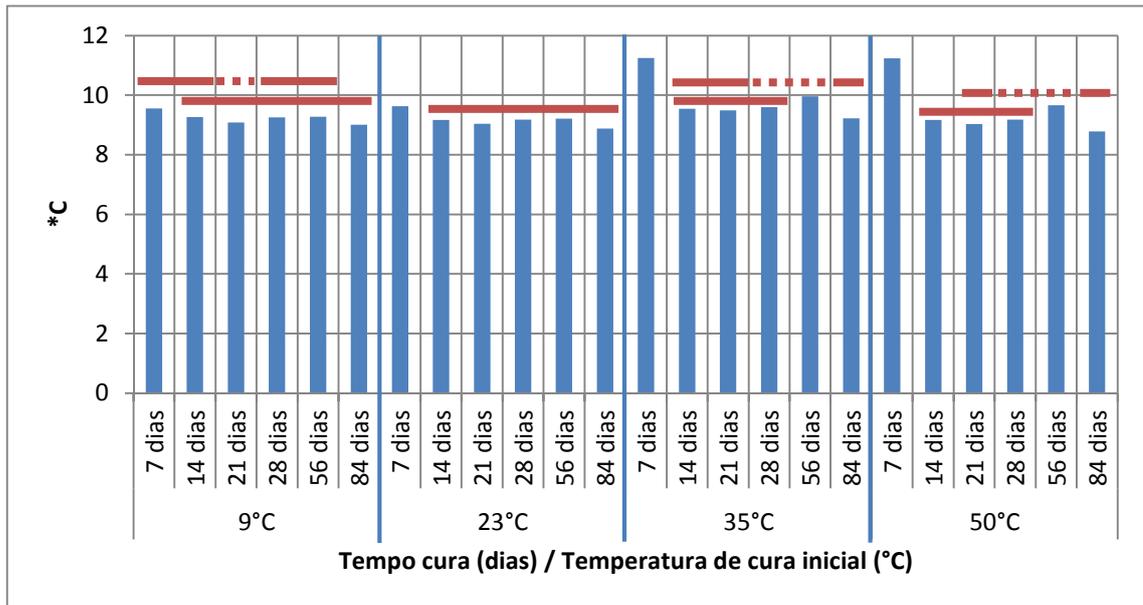


Figura 60: efeito do tempo em função da temperatura de cura inicial para valores médios de C\*

No caso em questão, pode-se observar que, exceto para a temperatura inicial de 9°C, a saturação de cor em função da temperatura inicial de cura aos 7 dias apresentou diferença significativa em relação aos demais tempos de cura. Em relação às temperaturas de 9 e 23°C, pode-se afirmar que ocorre uma estabilização, quanto a este fator, a partir dos 14 dias. Para as duas maiores temperaturas (35 e 50°C) observa-se que ainda ocorre uma variação com diferença significativa aos 56 dias. Infere-se então, que nessas condições, as diferenças que ultrapassem os 14 dias, no caso de condições de cura em temperaturas menores, tendem a não desaparecer. Em relação às diferenças de cor, relacionadas a variação da saturação, em função à temperaturas mais elevadas, tendem a não desaparecer ou necessitarem de períodos de cura maiores que 84 dias para que não sejam mais percebidas. Salienta-se aqui, que estas observações e valores são válidos para condições de laboratório, podendo ser menor ou maior dependendo das condições de aplicação nas obras, devendo-se estabelecer parâmetros específicos para que possa ser aplicado diretamente em situações práticas (válido para todas as comparações e inferências apresentadas).

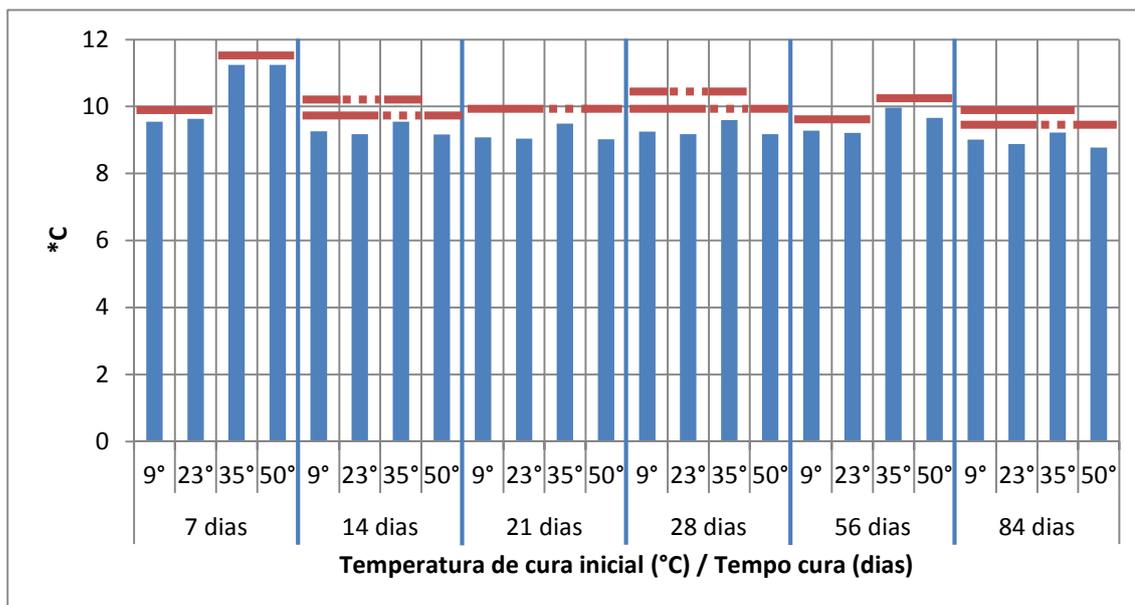


Figura 61: efeito da temperatura de cura inicial em função ao tempo de cura para valores médios de C\*

No caso do efeito da temperatura inicial de cura em função do tempo de cura, observa-se que aos 7 dias existe uma diferença significativa em °C em função das temperaturas maiores e menores (35-50°C e 9-23°C, respectivamente). Para as idades maiores, não há um comportamento tão bem definido, deduzindo-se que existe uma tendência para que não ocorra mais diferenças perceptíveis para tempos de cura maiores.

### 6.3.3 h(°) (tonalidade)

As tabelas 31 e 32 apresentam os valores médios e desvios padrão, respectivamente de h(°) (tonalidade) obtidos em função da variação da temperatura de cura inicial e tempo de cura ao longo do tempo.

Tabela 31: influência da temperatura inicial de cura na tonalidade da cor (h(°)) ao longo do tempo

Média de h (°)	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	56 dias	84 dias	Total Geral
9° C	80,948	80,947	80,898	81,099	81,005	81,369	81,044
23° C	80,952	80,959	80,894	80,993	80,869	81,280	80,965
35° C	80,511	80,597	80,615	80,838	80,648	81,074	80,714
50° C	80,265	80,508	80,551	80,670	80,633	80,879	80,585
<b>Total Geral</b>	<b>80,709</b>	<b>80,794</b>	<b>80,771</b>	<b>80,919</b>	<b>80,805</b>	<b>81,151</b>	<b>80,849</b>

Tabela 32: desvios padrão das médias de h(°) sob influência da temperatura inicial de cura, ao longo do tempo

<b>DesvPad de h (°)</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>	<b>28 dias</b>	<b>56 dias</b>	<b>84 dias</b>	<b>Médias dos desvios</b>
9° C	0,192	0,160	0,208	0,150	0,175	0,131	0,229
23° C	0,275	0,462	0,443	0,381	0,380	0,277	0,396
35° C	0,326	0,187	0,249	0,206	0,239	0,266	0,307
50° C	0,230	0,236	0,161	0,185	0,172	0,239	0,273
<b>Médias dos desvios</b>	<b>0,389</b>	<b>0,381</b>	<b>0,354</b>	<b>0,312</b>	<b>0,315</b>	<b>0,298</b>	<b>0,368</b>

Através da tabela ANOVA (tabela 33), observa-se que a variação da temperatura de cura inicial e ao longo do tempo, ambos tiveram efeito significativo sobre a tonalidade, o efeito da interação entre estas variáveis não foi significativo.

Tabela 33: tabela ANOVA para valores de h(°) quanto à variação da temperatura inicial de cura ao longo do tempo

<b>Fonte h(°)</b>	<b>SQ</b>	<b>GDL</b>	<b>MQ</b>	<b>Teste F</b>	<b>Probab.</b>	<b>Sig.</b>
A: Temperatura	9,56	3	3,19	56,87	0,00%	Sim
B: Tempo de cura	8,24	5	1,65	29,43	0,00%	Sim
AB	0,74	15	0,05	0,88	58,96%	Não
Erro/Resíduos	14,79	264	0,06			
<b>TOTAL</b>	<b>33,32</b>	<b>287</b>				

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Sig.: Significância (Sim: Probab.≤5%; Não: Probab.>5%).

Como não houve efeito significativo da interação entre as variáveis, não se faz necessário avaliar um efeito em função do outro, pois o comportamento dos valores obtidos para o fator h(°) em função de cada variável, não altera o comportamento da outra. A partir da análise estatística, faz-se a comparação de médias com o objetivo de avaliar os efeitos dos fatores sobre a tonalidade. As comparações de médias citadas, são apresentadas nas figuras 62 e 63.

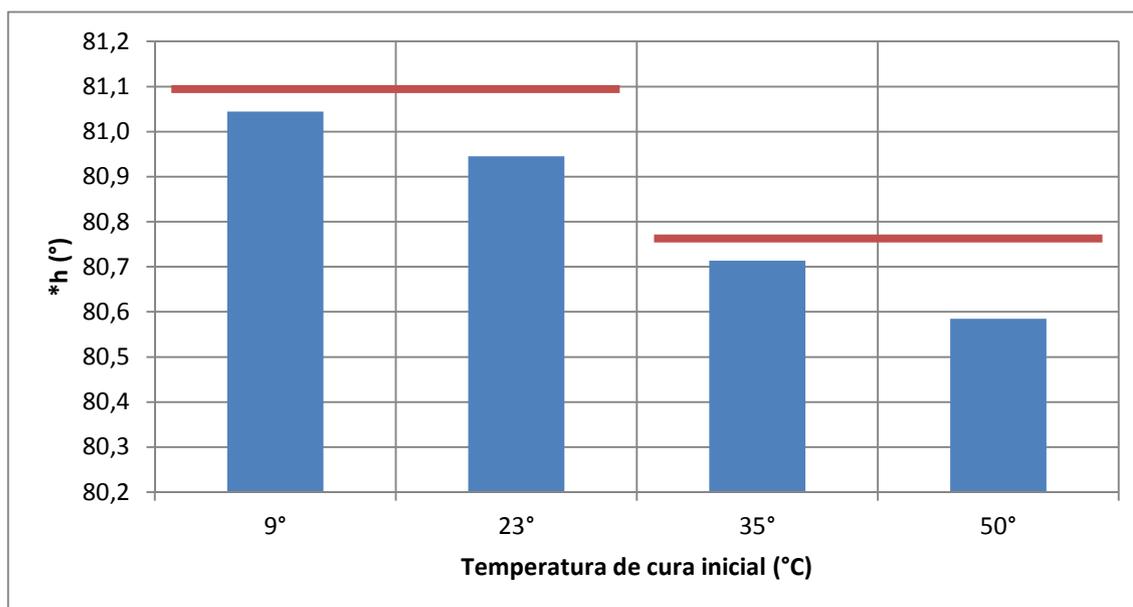


Figura 62: efeito da variação temperatura inicial de cura sobre o parâmetro de cor  $h(^{\circ})$

De acordo com que pode ser visualizado na comparação de médias, com relação ao efeito da variação da temperatura inicial de cura, afirmar-se que a variável de estudo em questão tem efeito significativo sobre a tonalidade da argamassa. Observa-se ainda, que as temperaturas menores (9° e 23°C) não apresentaram diferença significativa entre si, da mesma forma que as duas maiores (35° e 50°C), no entanto, há uma diferença significativa entre os efeitos gerados pelos dois grupos de temperaturas (maiores e menores). Neste caso, salienta-se que mesmo dentro da faixa de temperatura estipulada pelo fabricante (9° - 35°C) houve um efeito significativo relacionado à tonalidade, o que pode gerar uma variação de cor. Salienta-se que não foi encontrada diferença ente a temperatura máxima relacionada pelo fabricante e uma temperatura relativamente maior, demonstrando a necessidade de haver um controle mais intensificado em relação à temperatura local.

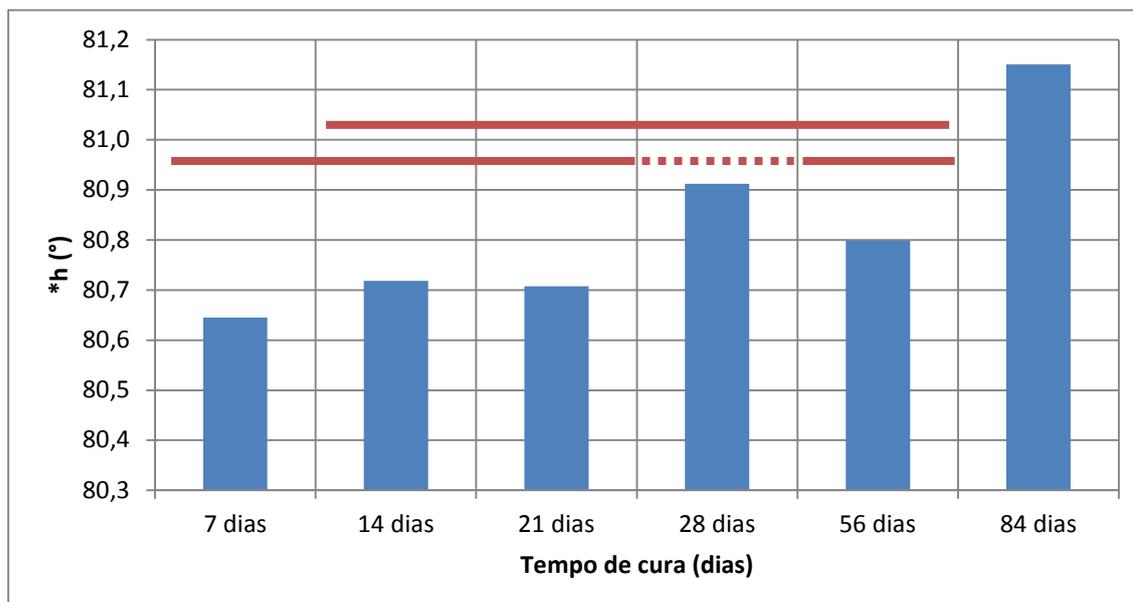


Figura 63: efeito da variação do tempo de cura para o fator de cor  $h^{\circ}$  quando se alterou a temperatura inicial de cura

De acordo com a figura 63, observa-se que existe uma certa estabilidade nas idades inferiores a 28 dias. No entanto, pode-se observar que há uma diferença significativa entre a leitura dos 56 e 84 dias, não se pode afirmar que dentro do período de estudo foi possível, neste caso, determinar um tempo de cura da argamassa onde as variações de cor observadas serão definitivas.

Esta etapa pode ser resumida da seguinte forma:

- a) fator  $L^*$  (luminosidade), quanto ao efeito da temperatura inicial de cura, apenas apresenta diferenças significativas nos primeiros 7 dias após a aplicação da argamassa;
- b) fator  $C^*$  (saturação) também apresenta variação significativa em função da temperatura inicial de cura, sendo esta diferença mais evidente aos 7 dias após a aplicação do revestimento. Aos 84 dias é percebida uma diferença significativa de saturação de cor em função da temperatura mais elevada ( $50^{\circ}\text{C}$ );
- c) fator  $h^*$  (tonalidade), apresenta diferenças significativas em função da temperatura inicial de cura em todas as idades.

## 6.4 ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENCONTRADAS NO ENSAIO DE COLORIMETRIA ( $\Delta E$ )

Determinados os efeitos significativos das variáveis de estudo sobre os fatores adotados para determinar a cor ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h(^{\circ})$ ), determinou-se o  $\Delta E$  entre as variáveis onde se observou diferença significativa dos fatores. O  $\Delta E$  foi calculado a partir do valor médio de cada conjunto de valores dos fatores que representam cada variável. Inicialmente, com as comparações de médias, mapeou-se onde ocorreram diferenças significativas, sendo o  $\Delta E$  determinado sempre que pelo menos um dos três fatores ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h(^{\circ})$ ) apresentou diferença significativa. Nas tabelas 34 a 39 apresentados a seguir, a existência de diferença significativa foi sinalizada com um "X". Juntamente aos valores de  $\Delta E$ . Também há a sua classificação em imperceptível, muito pequena, pequena, distinguível, facilmente distinguível e muito grande (de acordo com a figura 18 de comparação dos valores das diferenças de cor e percepção visual apresentada anteriormente). Esta classificação é representada nas tabelas com o uso de cores.

Nesta análise, para fins de simplificação e melhor entendimento, apenas as leituras dos 7, 28 e 84 dias foi adotada, de forma que se apresenta um tempo inicial, um intermediário e a maior idade utilizada. Neste mesmo sentido, para cada um dos quadros gerados manteve-se na parte superior a legenda utilizada na classificação do  $\Delta E$ .

Ao se analisar o efeito da quantidade de água na mistura (relação água/materiais secos, etapa 1) em função do tempo (tabela 34). Neste caso percebe-se que diferenças significativas nos fatores  $L^*$ ,  $C^*$  e  $h(^{\circ})$  ocorrem com maior frequência na maior idade (84 dias), apresentando uma tendência contrária ao esperado. Para os 84 dias, a variação da relação a/ms gerou diferenças de cor que variam de muito pequena até distinguíveis. Quando se observa os valor de  $\Delta E$  das comparações em relação a quantidade de água referência, observa-se que utilizando menos 10 e 5% o valor de  $\Delta E$  é maior do que quando se utiliza mais 10 e 5% de água. Neste sentido, pode-se inferir que para o intervalo estudado, uma quantidade de água menor causa uma diferença de cor maior em relação a quantidades de água maiores.

Tabela 34: comparação e classificação do  $\Delta E^{17}$  entre as diferentes relações água/materiais secos em função do tempo de cura

Imperceptível		Muito pequena			Pequena			Distinguível			Facilmente distinguível			Muito grande		
		Relação água / materiais secos														
		Ref-10% / Ref-5%			Ref-10% / Ref			Ref-10% / Ref+5%			Ref-10%/Ref+10%			Ref-5% / Ref		
Tempo	Parâmetro	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
7 dias	Dif. Signif.											X			X	
	$\Delta E$										1,08			0,42		
28 dias	Dif. Signif.											X			X	
	$\Delta E$										0,67			2,35		
84 dias	Dif. Signif.			X			X			X		X	X		X	X
	$\Delta E$	0,90			0,93			0,39			0,84			1,76		
		Ref-5% / Ref+5%			Ref-5% / Ref+10%			Ref / Ref+5%			Ref / Ref+10%			Ref+5%/Ref+10%		
Tempo	Parâmetro	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
7 dias	Dif. Signif.				X	X									X	
	$\Delta E$				1,61									0,78		
28 dias	Dif. Signif.				X	X									X	
	$\Delta E$				1,42									0,66		
84 dias	Dif. Signif.			X	X	X	X			X			X		X	
	$\Delta E$	0,76			1,54			1,04			0,43			0,78		

Na tabela 35, pode-se observar as diferenças de cor em função do tempo de cura, onde se pode observar que apenas em uma condição ocorreu uma diferença de cor detectada entre os 7 e 28 dias. Para comparação entre os 28 e 84 dias sempre foi possível detectar alguma diferença nos parâmetros de cor, neste sentido pode-se inferir que as maiores diferenças ocorrem após os 28 dias.

Tabela 35: comparação e classificação do  $\Delta E^{18}$  entre os diferentes tempos de cura em função da relação água/materiais secos

Imperceptível		Muito pequena			Pequena			Distinguível			Facilmente distinguível			Muito grande		
		Relação água / materiais secos														
		Ref. -10%			Ref. -5%			Referência			Ref. +5%			Ref. +10%		
Tempo	Parâmetro	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
7 - 28 dias	Dif. Signif.									X						
	$\Delta E$							2,03								
7 - 84 dias	Dif. Signif.		X				X		X	X		X	X		X	X
	$\Delta E$	0,50			0,56			2,28			0,77			0,68		
28 - 84 dias	Dif. Signif.		X				X		X			X	X		X	X
	$\Delta E$	1,08			1,07			0,58			1,10			1,18		

17 Classificação das diferenças de cor segundo Petter e Gliese (2004 apud FIORETTI, 2010): Imperceptível ( $0 < \Delta E \leq 0,2$ ); Muito pequena ( $0,2 < \Delta E \leq 0,5$ ); Pequena ( $0,5 < \Delta E \leq 1,5$ ); Distinguível ( $1,5 < \Delta E \leq 3,0$ ); Facilmente distinguível ( $3,0 < \Delta E \leq 6,0$ ); Muito grande ( $\Delta E > 6,0$ ).

18 Classificação das diferenças de cor segundo Petter e Gliese (2004 apud FIORETTI, 2010): Imperceptível ( $0 < \Delta E \leq 0,2$ ); Muito pequena ( $0,2 < \Delta E \leq 0,5$ ); Pequena ( $0,5 < \Delta E \leq 1,5$ ); Distinguível ( $1,5 < \Delta E \leq 3,0$ ); Facilmente distinguível ( $3,0 < \Delta E \leq 6,0$ ); Muito grande ( $\Delta E > 6,0$ ).

De forma separada analisou-se a diferença de cor ( $\Delta E$ ) em função da variação da absorção das bases, cerâmicas em diferentes temperaturas de queima (C1000, C900 e C800) e o vidro, em função da espessura e do tempo de cura (etapa 2). Observou-se que as maiores diferenças estão geralmente ligadas à absorção, quando se compara o vidro com as absorções dos blocos cerâmicos utilizados. É possível verificar, apesar de não haver um comportamento bem definido, que as diferenças de cor obtidas, para as comparações das cerâmicas com o vidro, são maiores para menor espessura. Uma das expectativas iniciais deste trabalho estava baseada em que espessuras maiores, como três centímetros, fossem capazes de impedir que ocorressem diferenças de cor perceptíveis. No entanto, pode-se concluir que podem ocorrer diferenças de cor, pequenas e/ou distinguíveis em função da diferença de absorção do substrato. Além disso, essas diferenças tendem a ser maiores quando se utiliza espessuras menores. Cabe salientar que esta diferença de cor em função da diferença de absorção do substrato tende a diminuir ao longo do tempo, porém até os 84 dias ainda foi possível detectar diferenças classificadas como distinguíveis. A tabela 36 traz o quadro com as diferenças entre as bases em função da espessura e tempo de cura.

Tabela 36: comparação e classificação do  $\Delta E^{19}$  entre as diferentes bases em função da espessura e tempo de cura

Imperceptível			Muito pequena			Pequena			Distinguível			Facilmente distinguível			Muito grande					
			Bases																	
			C1000-C900			C1000-C800			C1000-VIDRO			C900-C800			C900-VIDRO			C800-VIDRO		
Tempo	Espessura	Parâmetro	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
7 dias	1 cm	Dif. Signif.				X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
		$\Delta E$					1,13			2,51			0,78			2,17			1,52	
7 dias	2 cm	Dif. Signif.	X	X		X			X					X	X	X	X	X		
		$\Delta E$		1,04			1,58			2,66			0,57			1,68			1,11	
7 dias	3 cm	Dif. Signif.		X		X	X	X	X	X		X		X				X		X
		$\Delta E$		0,13			0,83			2,13			0,80			2,06			1,32	
28 dias	1 cm	Dif. Signif.				X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
		$\Delta E$					0,84			2,35			0,63			2,16			1,59	
28 dias	2 cm	Dif. Signif.	X	X		X			X					X	X			X		
		$\Delta E$		0,50			0,36			1,72					1,24			1,37		
28 dias	3 cm	Dif. Signif.		X		X	X		X	X		X			X			X		
		$\Delta E$		0,27			0,79			0,61			0,62			0,50			0,20	
84 dias	1 cm	Dif. Signif.				X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
		$\Delta E$					0,42			2,41			0,46			1,64			2,03	
84 dias	2 cm	Dif. Signif.	X	X		X			X					X				X		
		$\Delta E$		0,26			0,59			1,62					1,37			1,05		
84 dias	3 cm	Dif. Signif.		X		X	X		X	X		X			X			X		
		$\Delta E$		0,69			0,69			1,66			0,66			0,98			1,65	

Ao se utilizar os mesmos dados para produzir o quadro anterior, mas analisando as diferenças de cor obtidas em função das espessuras para os diferentes substratos e tempos de cura. Pode-se observar que, de forma geral, as diferenças de cor, onde a espessura de 1 cm em comparação com as demais apresentam valores maiores quando comparados com os  $\Delta E$  obtidos entre as espessuras de 2 e 3 cm. Este fato pode estar relacionado com a maior vulnerabilidade de uma espessura menor em relação a perda de água, tanto para o substrato como para o ambiente. É possível ainda verificar que as diferenças de cor obtidas, considerando 84 dias de cura, para as diferentes espessuras aplicadas sobre o substrato de vidro, são menores quando comparadas as obtidas em função dos substratos porosos. Como foi possível verificar que mesmo que se utilize um substrato que não seja poroso, ao se alterar a espessura do revestimento ocorrem variações de cor, pode-se afirmar que a variação de espessura pode estar relacionada com variações de cor, no caso deste estudo, consideradas pequenas, mas que somada a outras variáveis podem ser percebidas pelo usuário. Os valores e as ponderações deste parágrafo estão baseados na tabela 37.

<sup>19</sup> Classificação das diferenças de cor segundo Petter e Gliese (2004 apud FIORETTI, 2010): Imperceptível ( $0 < \Delta E \leq 0,2$ ); Muito pequena ( $0,2 < \Delta E \leq 0,5$ ); Pequena ( $0,5 < \Delta E \leq 1,5$ ); Distinguível ( $1,5 < \Delta E \leq 3,0$ ); Facilmente distinguível ( $3,0 < \Delta E \leq 6,0$ ); Muito grande ( $\Delta E > 6,0$ ).

Tabela 37: comparação e classificação do  $\Delta E^{20}$  entre as diferentes espessuras em função da base e tempo de cura

Imperceptível		Muito Pequena			Pequena			Distinguível					
Facilmente distinguível					Muito grande								
					Espessuras								
					1 cm - 2 cm			1 cm - 3 cm			2 cm - 3 cm		
Tempo	Base	Parâmetro	L	C	h	L	C	h	L	C	h		
7 Dias	C1000	EFEITO	X	X	X	X	X	X			X		
		$\Delta E$	0,74			0,70			0,41				
	C900	EFEITO	X	X			X	X	X	X	X	X	
		$\Delta E$	0,59			0,88			0,67				
	C800	EFEITO		X	X		X			X			
		$\Delta E$	0,78			0,89			0,36				
	VIDRO	EFEITO		X			X	X					
		$\Delta E$	0,34			0,57							
	28 Dias	C1000	EFEITO	X	X	X	X	X	X		X		
			$\Delta E$	0,95			0,75			0,22			
C900		EFEITO	X	X	X		X	X		X	X		
		$\Delta E$	1,12			0,97			0,60				
C800		EFEITO		X	X		X	X		X			
		$\Delta E$	0,78			1,01			0,28				
VIDRO		EFEITO		X			X						
		$\Delta E$	0,29			1,26							
84 Dias		C1000	EFEITO	X	X	X	X	X	X		X		
			$\Delta E$	0,84			0,74			0,10			
	C900	EFEITO	X	X	X		X			X	X		
		$\Delta E$	0,73			0,98			0,38				
	C800	EFEITO		X			X	X		X			
		$\Delta E$	0,94			0,82			0,72				
	VIDRO	EFEITO		X			X						
		$\Delta E$	0,19			0,35							

No caso da variação da temperatura inicial de cura, etapa 3, (tabela 38), como esperado, as maiores diferenças de cor obtidas estão relacionadas às primeiras idades (7 dias). Onde se pode observar que, em função dos efeitos, podem ser divididas em dois grupos, as menores (9 e 23°C) e as maiores (35 e 50°C), e as maiores diferenças de cor estão relacionadas as comparações entre estes dois grupos, ocorrendo diferenças de cor facilmente distinguíveis. No entanto, estas diferenças diminuem com o aumento do tempo de cura, não passando de diferenças classificadas como pequenas aos 84 dias.

20 Classificação das diferenças de cor segundo Petter e Gliese (2004 apud FIORETTI, 2010): Imperceptível ( $0 < \Delta E \leq 0,2$ ); Muito pequena ( $0,2 < \Delta E \leq 0,5$ ); Pequena ( $0,5 < \Delta E \leq 1,5$ ); Distinguível ( $1,5 < \Delta E \leq 3,0$ ); Facilmente distinguível ( $3,0 < \Delta E \leq 6,0$ ); Muito grande ( $\Delta E > 6,0$ ).

Tabela 38: comparação e classificação do  $\Delta E^{21}$  entre as diferentes temperaturas de cura inicial em função ao tempo de cura

Imperceptível		Muito pequena			Pequena			Distinguível			Facilmente distinguível			Muito grande					
		Temperatura inicial de cura																	
		9°C - 23°C			9°C - 35°C			9°C - 50°C			23°C - 35°C			23°C - 50°C			35°C - 50°C		
Tempo	Parâmetro	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*	L*	C*	h*
7 dias	Dif. Signif.				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	$\Delta E$				2,82			2,65			3,46			3,27			0,22		
28 dias	Dif. Signif.						X			X		X	X			X		X	
	$\Delta E$				0,52			0,12			0,43			0,11			0,53		
84 dias	Dif. Signif.						X			X			X			X		X	
	$\Delta E$				1,01			0,55			0,36			0,42			0,67		

Na tabela 39 abaixo, pode ser observar que essa estabilização da cor, que gera diferenças de cor menores até os 84 dias, ocorre especialmente antes dos 28 dias de cura, como pode ser observado, estas diferenças entre os 7 e 28 dias vão de pequena à facilmente distinguível e entre os 28 dias e 84 dias não passa de pequena na pior situação.

Tabela 39: comparação e classificação do  $\Delta E^{22}$  entre os diferentes tempos de cura em função da temperatura inicial de cura

Imperceptível		Muito Pequena			Pequena			Distinguível		
		Facilmente distinguível						Muito grande		
		Tempo de cura								
		7 - 28 dias			7 - 84 dias			28 - 84 dias		
Temperatura Inicial	Parâmetro	L	C	h	L	C	h	L	C	h
9° C	EFEITO	X		X	X	X	X			X
	$\Delta E$	2,20			2,86			0,67		
23° C	EFEITO	X	X	X	X	X	X			X
	$\Delta E$	1,32			1,33			0,39		
35° C	EFEITO	X	X	X	X	X	X		X	X
	$\Delta E$	4,38			4,55			0,37		
50° C	EFEITO	X	X	X	X	X	X		X	X
	$\Delta E$	4,64			5,08			0,44		

21 Classificação das diferenças de cor segundo Petter e Gliese (2004 apud FIORETTI, 2010): Imperceptível ( $0 < \Delta E \leq 0,2$ ); Muito pequena ( $0,2 < \Delta E \leq 0,5$ ); Pequena ( $0,5 < \Delta E \leq 1,5$ ); Distinguível ( $1,5 < \Delta E \leq 3,0$ ); Facilmente distinguível ( $3,0 < \Delta E \leq 6,0$ ); Muito grande ( $\Delta E > 6,0$ ).

22 Classificação das diferenças de cor segundo Petter e Gliese (2004 apud FIORETTI, 2010): Imperceptível ( $0 < \Delta E \leq 0,2$ ); Muito pequena ( $0,2 < \Delta E \leq 0,5$ ); Pequena ( $0,5 < \Delta E \leq 1,5$ ); Distinguível ( $1,5 < \Delta E \leq 3,0$ ); Facilmente distinguível ( $3,0 < \Delta E \leq 6,0$ ); Muito grande ( $\Delta E > 6,0$ ).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões apresentadas aqui estão relacionadas às condições dos ensaios experimentais realizados, levando em consideração os materiais, técnicas e condições ambientais utilizadas nesta pesquisa.

Como considerações finais apresenta-se um resumo geral sobre os resultados obtidos e as análises realizadas. Inicialmente serão apresentados os aspectos relativos aos fatores que determinam a cor, luminosidade, saturação e tonalidade ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h(^{\circ})$ , respectivamente), onde não se mede a diferença de cor propriamente dita, mas sim aspectos que somados podem gerar uma variação de cor. Tal qual a análise dos resultados, serão feitas ponderações para os fatores  $L^*$  (luminosidade),  $C^*$  (saturação) e  $h(^{\circ})$  (tonalidade).

Para a variação da luminosidade ( $L^*$ ) em função da variação de espessura, tem-se que, para bases porosas, é muito importante que se evite a variação da espessura do revestimento na fachada, pois o uso de espessuras menores é mais susceptível a variações de luminosidade em função de variações da absorção do substrato. Quanto à variação da absorção do substrato, mesmo com o uso de espessuras maiores, estas não evitaram as variações de  $L^*$ . Observou-se também que o valor de luminosidade aumenta (torna-se mais claro) com a diminuição da absorção inicial do substrato. Quando há uma variação na temperatura inicial de cura, esta tem efeito significativo sobre a luminosidade até os 7 dias. A respeito da variação da relação água/materiais secos, não foi possível obter um comportamento padrão, no entanto, foram observados efeitos significativos de  $L^*$  em função da  $a/ms$ , considerando-se assim, a importância em se manter esta variável constante.

Com relação à saturação da cor ( $C^*$ ), esta se mostrou sensível à variação de espessura para uma mesma base. Esta sensibilidade é inversamente proporcional à espessura do revestimento. Quanto as variações de  $C^*$  relacionadas às diferentes bases (absorções), verificou-se que o uso de espessuras maiores (no caso deste trabalho, a partir de 20mm) reduziu sensivelmente o efeito das diferenças de absorção do substrato sobre a saturação da cor. Com relação a diferença de temperatura de cura inicial, este fator é sensível a isto, principalmente até 7 dias após aplicação do revestimento. Após este período (84 dias) apenas para argamassa exposta à maior temperatura ( $50^{\circ}C$ ) de cura inicial apresentou

diferença significativa em relação às demais. Quanto a variação da relação  $a/ms$ , este fator apresentou o mesmo comportamento de  $L^*$ , descrito acima.

Por fim, em relação ao fator tonalidade ( $h^\circ$ ), este se mostrou sensível a efeitos da base e à espessura quando aplicado com espessura de 10mm, com uso de espessuras de 20 e 30mm não se observou efeitos significativos, seja em função da variação da absorção do substrato seja entre as duas espessuras.

De forma geral, recomenda-se que seja evitado o uso de espessuras inferiores as recomendadas, e que quando estas são inferiores (neste estudo) a 20 mm, há um aumento da tendência de se observar diferenças de cor. Quanto ao uso de substratos heterogêneos, quanto à capacidade de absorção, deve-se tomar cuidado para reduzir estas diferenças, seja com o uso do chapisco e/ou com o uso de uma primeira camada (“camada de sacrifício”).

No sentido de se quantificar e classificar a variação de cor obtida determinou-se o  $\Delta E$ , onde foram obtidas diferenças entre imperceptíveis e facilmente perceptíveis. Pode-se observar que as maiores diferenças de cor obtidas, aos 84 dias, estão relacionadas as propriedades do substrato e relação água/materiais secos, ambos efeitos relacionados com a disponibilidade de água na argamassa nas primeiras idades. Ao se quantificar a variação de cor, e classifica-la quanto a percepção dessa diferença salienta-se que os efeitos foram medidos separadamente e que em determinadas situações podem-se somar, tendendo a facilitar a percepção de diferenças de cor. Cabe aqui também salientar que estes resultados foram obtidos para condições de laboratório onde o objetivo principal foi compreender o fenômeno, de tal forma que na prática estes efeitos podem não se repetir com a mesma intensidade e forma.

## 8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como questões para sugestões para trabalhos futuros, sugere-se:

- a) avaliar os efeitos desenvolvidos nesta pesquisa em um modelos maiores, utilizando técnicas de aplicação utilizadas no mercado;
- b) utilizar diferentes cores de argamassa monocamada, com aplicação das variáveis de estudo desta pesquisa, verificando se existem cores mais passíveis a variação de cor;
- c) verificar o efeito da utilização das diferentes texturas sob a percepção de variações de cor, buscando estabelecer uma correlação entre a classificação utilizada para tintas ( $\Delta E$ ) com o que é observado por observadores diversos;
- d) verificar a correlação entre os efeitos estudados com o fluxo dos pigmentos;
- e) efeito da ação do vento (variação de cor em função da velocidade de perda de água;
- f) avaliar os efeitos em modelos maior escala.

## REFERÊNCIAS

ANFAPA e ITEC. **Morteros Monocapa Revestimientos de Fachadas**: Criterios de proyecto y puesta em obra. 2008. 75 f. Documento fruto de la colaboración entre ANFAPA (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales) e ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña). Barcelona.

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. 2005. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C-67-92a**: standard test methods of sampling and testing brick and structural clay tile. Philadelphia, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 8802**: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13529**: revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 15077**: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da cor e da diferença de cor por medida instrumental. Rio de Janeiro, 2003

\_\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15630:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 47:** Concreto - Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico. Rio de Janeiro, 2002.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa:** primeiros passos da qualidade no canteiro de obras. São Paulo: O Nome da Rosa, 2001. 82 p.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** 1996. Tese (Doutorado em Engenharia/Construção Civil) – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, 1996.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (CSTB). **Certification CSTB des Enduits monocouches d'imperméabilisation.** Paris, n.2669-1, juillet./août, 1993. 29p.

CRESCENCIO, R. M.; BARROS, M. M. S. B. **Revestimento decorativo monocamada:** produção e manifestações patológicas. 2005. 33 f. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo.

CRESCENCIO, R. M. **Avaliação de desempenho do revestimento decorativo monocamada.** 2003. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CRESCENCIO, R. M.; BARROS, M. M. S. B. **Avaliação da estanqueidade do revestimento decorativo monocamada à água de chuva.** 2005. 11 f. VI Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas. Florianópolis.

FREITAS, V.P.; ALVES, A.M. **Aparecimento de fantasmas em fachadas com revestimento monomassa.** Portugal: 2009. p. 1. Ficha 095 Disponível em: <<http://www.patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=095>> Acesso em: 20/08/2012.

FIORETTI, G.. **Avaliação de desempenho de hidrofugantes para revestimentos pétreos quanto à permeabilidade e alteração de cor.** 2010 Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

GLIESE, R. **Medição espectrofotométrica de polpas de caulim visando o controle do processo de beneficiamento.** 2003. 100f. Tese (Doutorado em Engenharia. Área de concentração: Metalurgia Extrativa) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – UFRGS, Porto Alegre-RS.

GOMES, A. M. **Caracterização de argamassas tradicionais utilizadas nos revestimentos exteriores dos edifícios.** 1995. 269 p. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico – IST, Lisboa.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WLAKER, J. **Fundamentos de física 4:** óptica e física moderna. 6 ed. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003. 295 p.

LOBO, P. L. M.; OLIVARES, F. H. **Determinación por procedimientos físico mecánicos de la dosificación de agua em morteiros monocapa. Análisis predictivo de fisuraciones.** 2007. 19 f. I Jornada nacional de investigación en edificación. Madrid.

LOPES, C. V. **Placas cerâmicas texturizadas: avaliação de tratamentos de manchas superficiais por argamassa de rejuntamento.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

MINOLTA, 2002 <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/.html> acesso em 01/12/2013

MINOLTA, KONICA. **Precise color communication:** color control from perception to instrumentation. Japão, 2007.

MOURA, C. B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substratos de Concreto:** influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

QUINTELA, M. B. O. A. **Durabilidade de revestimentos exteriores de parede em reboco monocamada.** 2006. 177p. Dissertação (Mestre em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.

PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-Aplicação.** 2004. 189 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF.

PAGNUSSAT, D. T. **Efeito da temperatura de queima de blocos cerâmicos sobre a resistência de aderência à tração de revestimento de argamassa.** 2013. 216 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

PASSUELO, A. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco.** 2004. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS. Porto Alegre, 2004.

PEDROSA, I. **O Universo da Cor.** 1. Ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2006. P. 160.

PETTER, C. O.; GLIESE, R. **Fundamentos de Colorimetria.** Apostila do Curso de Colorimetria. Laprom, 2004.

PIOVEZAN, L. H.; CRESCENCIO, R. M. **Inovação tecnológica no setor da construção civil:** o caso do revestimento decorativo monocamada. 2003. 8 f. XXII Encontro nacional de engenharia de produção, Ouro Preto, MG.

PUREZA, J.C.C. **Utilização de resíduos industriais de baixa granulometria em massas cerâmicas de argila vermelha: aspectos tecnológicos e ambientais.** 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgia e de Materiais, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

SANTOS, J. F.; QUINDICI, M. L.Z. **Cor e colorimetria.** In: FAZENDA, J. M. R. (Coord.). **Tintas e vernizes:** ciência e tecnologia. 3. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. P. 402-434.

SILVEIRA, L. M. **Introdução à Teoria da Cor.** 1. Ed. Curitiba: UTFPR, 2011. P. 193.

SINAT. **Diretriz N° 006:** Argamassa inorgânica decorativa para revestimentos monocamada. Diretrizes Para Avaliação Técnica De Produtos. Brasília, 2012

WEBER SAINT-GOBAIN. **Catálogo Weber.pral classic S.** Argamassa decorativa para revestimento de fachadas e paredes internas e externas, 2011.

<http://www.youtube.com/watch?v=LJS5RYGCT7s>. acesso em 01/12/2013.

[http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-monocamada-pede-projeto\\_5759](http://www.aecweb.com.br/cont/n/revestimento-monocamada-pede-projeto_5759). acesso em 01/12/2013

[http://www.colourphil.co.uk/lab\\_lch\\_colour\\_space.html](http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.html). acesso em 01/12/2013