

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
CENTRO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

ERIC BEUTHER

**DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSAS COM ADIÇÕES POROSAS**

Joinville, 2015

Eric Beuther

## **DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSAS COM ADIÇÕES POROSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Luciano Senff. Dr<sup>o</sup>.

Joinville, 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço à Deus pela perseverança e sabedoria dada, guiando-me pelo caminho correto a ser seguido.

Aos meus pais e irmão, Aldo, Meri e Rafael, por não terem medido esforços e muitas vezes terem abdicado de desejos pessoais para me proporcionar condições excelentes de estudo, cuidando para que nunca me faltasse nada.

Ao meu amor, Patrícia, por todo o apoio incondicional, sempre se dispondo a me ajudar no que fosse preciso. Por todo amor e carinho, deixando meus dias mais agradáveis.

Ao orientador desse trabalho, professor Luciano Senff, por toda dedicação, paciência e confiança em mim depositada ao longo desse ano.

Aos meus amigos de faculdade e de longa data, que durante todos os anos de estudo me ajudaram de alguma forma, proporcionando lazer e distração nos devidos momentos.

Ao meu time, Catuabeiros Futebol Clube, por ter se tornado tão importante, criando uma grande família, responsável pelos momentos de descontração após os longos dias de estudo.

Aos demais professores do curso, por todo ensinamento.

À professora Helena, coordenadora do curso de engenharia civil da Católica Santa Catarina, por ter sido tão solícita e aberto seus laboratórios para minha pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma sempre acreditaram no meu potencial, e me ajudaram a conquistar mais essa etapa na minha vida. Muito obrigado.

## RESUMO

A necessidade global por construções mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente é inegável nos dias atuais. Juntamente com a questão ambiental, no ramo da construção civil o custo associado às obras também é fundamental. Dessa forma, novas técnicas de construção e novos materiais são desenvolvidos para melhor atender essa demanda. O uso de adições porosas em argamassas, como a vermiculita e a serragem, é uma forma de contribuir com a eficiência energética das construções, e também reduzir seus custos. Esse tipo de adição é capaz de tornar as argamassas de revestimento agentes ativos com o meio ambiente, controlando a umidade relativa de um cômodo e sua temperatura, e também reduzir as cargas da construção, gerando economia de materiais nas estruturas. Por outro lado, essas adições interferem nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas, efeitos esses que devem ser investigados. Neste trabalho, formulações de argamassas com adição de, em massa, (0-5%) de vermiculita, (0-5%) de serragem e (0-0,1%) de aditivo incorporador de ar foram estudadas, avaliando o impacto no estado fresco (abertura na mesa de consistência) e no estado endurecido (densidade aparente, absorção de água, porosidade aberta, variação da massa, retração e resistência à compressão até os 28 dias de cura). De forma geral, as argamassas que continham vermiculita e serragem apresentaram baixa densidade aparente, porosidade elevada e redução significativa de massa, conseqüentemente observou-se redução da resistência à compressão. Já as argamassas com incorporador de ar apresentaram características semelhantes à referência. As formulações binárias tiveram pouca variação entre elas, assim como a formulação com três adições. Quanto à retração, observou-se que as formulações que continham serragem foram as mais afetadas, enquanto a menos afetada foi a argamassa com incorporador de ar.

Palavras-chave: eficiência energética; argamassa; vermiculita; serragem; incorporador de ar.

## ABSTRACT

The global need for more efficient constructions and less aggressive to the environment is undeniable nowadays. Along with the environmental issue, in the construction industry the associated cost to the works is fundamental. Therefore, new construction techniques and new materials are developed to better meet this demand. The use of porogene additives in mortars, such as vermiculite and sawdust, is a way to contribute to the energy efficiency of buildings, and also reduce costs. This kind of addition is able to make the mortar coating active agentes to the environment, controlling the relative humidity of a room and it's temperature, and also reduce the load of the construction, saving materials in the structures. On the other hand, this additions affect the physical and mechanical properties of mortars, and these effects need to be investigated. In this work, formulations of mortars with added (0-5%) of vermiculite, (0-5%) of sawdust and (0-0,1%) of additive developer air were studied, evaluating the impact in the fresh state (opening in the flow table) and in the hardened state (bulk density, water absorption, porosity, mass change, shrinkage and compressive strenght up to 28 days of curing). Generally, mortars which contained vermiculite and sawdust had low bulk density, high porosity and a significant reduction of weight, consequently it was observed a reduction of compressive strenght. The mortars with additive developer air had similar characteristics to the reference. The binary formulations had little variation among them, as well as the formulation with 3 additions. As for retraction, it was observed that formulations containing sawdust were the most affected, while the least affected was the mortar with developer air.

Keywords: energy efficiency; mortar; vermiculite; sawdust; developer air.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Critério de classificação das argamassas. ....	14
Figura 2 - Composição de argamassas quanto ao número de aglomerantes. ....	15
Figura 3 - (a) Posição dos revestimentos e (b) tipos de revestimento. ....	16
Figura 4 – Funções das argamassas de revestimento. ....	17
Figura 5 – Adesão adequada do revestimento à camada de base. ....	18
Figura 6 - (a) Grãos de vermiculita e (b) sua microestrutura. ....	20
Figura 7 - (a) maravalha e (b) cavaco. ....	23
Figura 8 - Briquetes. ....	24
Figura 9 - (a) madeira macia, Pinus e (b) madeira dura, Eucalipto. ....	25
Figura 10 - Redução da aderência com o aumento do teor de ar incorporado. ....	29
Figura 11 - Sequência de desenvolvimento do trabalho. ....	32
Figura 12 - (a) argamassa utilizada no trabalho e (b) sua imagem ampliada. ....	33
Figura 13 - (a) vermiculita utilizada e (b) sua imagem ampliada. ....	33
Figura 14 - (a) serragem usada no trabalho e (b) imagem ampliada. ....	34
Figura 15 - (a) embalagem do aditivo usado e sua (b) coloração. ....	35
Figura 16 - (a) mesa de consistência utilizada no trabalho e (b) diâmetro máximo do espalhamento após 30 golpes. ....	37
Figura 17 - (a) molde com a formulação REF e (b) corpos de prova desmoldados. .	38
Figura 18 - (a) máquina de compressão utilizada no ensaio e (b) corpo de prova sendo ensaiado. ....	38
Figura 19 - (a) fragmentos avaliados, (b) imersão em água por 72h e (c) pesagem submersa. ....	39
Figura 20 - (a) molde para o ensaio de retração com argamassa dentro e (b) corpos de prova desmoldados. ....	41
Figura 21 - Equipamento usado para medir a retração. ....	41
Figura 22 - Variação das massas dos corpos de prova ao longo do tempo. ....	43
Figura 23 - Perda total de massa aos 28 dias de cura. ....	44
Figura 24 - Densidade aparente das argamassas com 28 dias de cura. ....	45
Figura 25 - Absorção de água das argamassas com 28 dias de cura. ....	46
Figura 26 - Porosidade aberta das argamassas aos 28 dias de cura. ....	46
Figura 27 - Retração das argamassas com 14 dias de cura. ....	47

Figura 28 - Retração das argamassas com 21 dias de cura.....	47
Figura 29 - Retração das argamassas com 28 dias de cura.....	48
Figura 30 - Comportamento das argamassas até os 28 dias de cura.....	49
Figura 31 - Resistência à compressão aos 28 dias de cura. ....	50
Figura 32 - (a) REF. ....	50
Figura 32 - (b) 5SER.....	53
Figura 32 - (c) 2,5VER + 2,5SER.....	53
Figura 32 - (d) 2,5SER + 0,05INC.....	54
Figura 32 - (e) 1,67VER + 1,67SER + 0,03INC.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da vermiculita segundo padrão americano e brasileiro.....	21
Tabela 2 - Alterações provocadas pelos aditivos incorporadores de ar.....	28
Tabela 3 - Vantagens e desvantagens do uso dos materiais em argamassas. ....	31
Tabela 4 - Formulações usadas no trabalho e seus respectivos percentuais de adições incorporados à argamassa.....	36
Tabela 5 - Quantidade de água em cada formulação.....	42

## LISTA DE ABREVIações

ARG	Argamassa
VER	Vermiculita
SER	Serragem
INC	Incorporador de ar
REF	Referência
F2	5% de Vermiculita
F3	5% de Serragem
F4	0,1% de Incorporador de ar
F5	2,5% de Vermiculita + 2,5% de Serragem
F6	2,5% de Vermiculita + 0,05% de Incorporador de ar
F7	2,5% de Serragem + 0,05% de Incorporador de ar
F8	1,67% de Vermiculita + 1,67% de Serragem + 0,03% de Incorporador de ar

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO.....	14
2.1.1 Definição.....	14
2.1.2 Tipos de argamassas de revestimento.....	14
2.1.3 Funções.....	17
2.1.4 Propriedades.....	18
2.1.5 Produtores da região.....	19
2.2 VERMICULITA.....	20
2.2.1 Definição.....	20
2.2.2 Granulometria.....	21
2.2.3 Aplicações.....	21
2.2.4 Vantagens e desvantagens do uso.....	22
2.2.5 Porcentagem empregada em concretos e argamassas.....	22
2.3 PÓ DE SERRA.....	23
2.3.1 Definição.....	23
2.3.3 Aplicações na construção civil.....	25
2.3.4 Vantagens e desvantagens do uso.....	26
2.3.5 Porcentagem empregada em concretos e argamassas.....	27
2.4 INCORPORADOR DE AR.....	27
2.4.1 Definição.....	27
2.4.2 Aplicações.....	29
2.4.3 Vantagens e desvantagens do uso.....	29
2.4.4 Porcentagem empregada em concretos e argamassas.....	30

2.5 TABELAS COMPARATIVAS ENTRE OS MATERIAIS ESTUDADOS.....	30
<b>2.5.1 Tabela de vantagens e desvantagens .....</b>	<b>30</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 MATERIAIS .....	32
<b>3.1.1 Argamassa .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.2 Vermiculita .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.3 Pó de serra .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.4 Incorporador de ar .....</b>	<b>34</b>
3.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....	35
<b>3.2.1 Ajuste da trabalhabilidade na mesa de consistência .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2 Resistência à compressão .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3 Densidade aparente, absorção de água e porosidade aberta .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.4 Ensaio de retração .....</b>	<b>40</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>42</b>
4.1 TRABALHABILIDADE .....	42
4.2 VARIAÇÃO DA MASSA DOS CORPOS DE PROVA .....	42
4.3 DENSIDADE APARENTE, ABSORÇÃO DE ÁGUA E POROSIDADE ABERTA .....	44
4.4 RETRAÇÃO .....	46
4.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO .....	49
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No atual ramo da construção civil, os temas sustentabilidade e eficiência energética estão sendo cada vez mais discutidos e ganham cada vez mais força, tornando-se imprescindíveis no mercado de trabalho. De acordo com Ruiz (2014), “(...) o mercado começa a perceber que é possível erguer obras mais eficientes do ponto de vista energético, gerando também ganhos ambientais”. Conforme comenta Lima (2014), o Conselho Internacional da Construção (CIB) afirma que a indústria da construção é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais no mundo. No Brasil, o *Green Building Council* (2014), afirma que o segmento da construção civil é responsável por 42% da energia disponibilizada.

Uma das principais preocupações do desenvolvimento sustentável na construção civil é realizar o máximo reaproveitamento dos resíduos gerados pelo ramo, e também os destinar corretamente. O Brasil possui uma política nacional de direcionamento de resíduos sólidos, controlado pelo Ministério do Meio Ambiente e aplicado pelos governos estaduais, porém há ineficiência no processo de fiscalização do cumprimento das normativas, dando margem às empresas não seguirem com rigor essa política. Nas argamassas podem ser utilizados como adições porosas, por exemplo, resíduos industriais, como o pó de serra (serragem). Com o uso desse resíduo, diminuem-se os impactos ambientais gerados quando é mal destinado, como por exemplo a incineração, gerando altos índices de poluição atmosférica. Dessa maneira, seu uso em argamassas diminui possíveis impactos ambientais, e é energeticamente eficiente, pois segundo Dantas (2004, p. 98), argamassas com essa adição comportam-se “(...) como um material mais leve e termo isolante, em função da baixa condutividade térmica do pó de serra”, obtendo assim, propriedades de isolamento térmico e acústico e diminuindo o consumo de, por exemplo, condicionadores de ar.

Assim como o pó de serra, a vermiculita e os aditivos incorporadores de ar também possuem propriedades capazes de interagir ativamente com o ambiente. Além da capacidade de isolamento térmico e acústico já citadas, essas adições porogênicas também possuem baixo peso específico, diminuindo assim o peso total de uma construção, influenciando diretamente no dimensionamento estrutural delas, podendo ser usado menos material para fundações, pilares, vigas e lajes.

Mais recentemente, o uso de adições porosas em argamassas tem sido explorado como agente capaz de também nivelar a umidade interna dos ambientes. De acordo com Nathanson (1995), a umidade relativa é um dos importantes parâmetros para mensurar o conforto e qualidade do ar em lugares fechados, além de influenciar na eficiência energética das construções. Esse controle de umidade é importante, pois influencia diretamente na saúde das pessoas que frequentam o ambiente, uma vez que o excesso ou escassez de umidade pode causar desconfortos respiratórios, irritação dos olhos e pele e alergias.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de argamassas com incorporação de diferentes tipos de adições porosas até 28 dias de cura.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Formular argamassas com adição de vermiculita, serragem e um aditivo incorporador de ar mantendo a mesma trabalhabilidade;
- Analisar o comportamento das argamassas no estado fresco, através do ensaio de mesa de consistência, e estado endurecido, através dos ensaios de resistência mecânica, retração, densidade aparente, porosidade aberta e absorção de água;
- Avaliar a influência de cada tipo de adição na argamassa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

#### 2.1.1 Definição

De acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2001), argamassa é definida como sendo:

Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Argamassas são materiais amplamente utilizados na construção civil, constituídos por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (o cimento e a cal), agregado miúdo (a areia), e água. Ainda, a fim de acrescentar algumas propriedades específicas à argamassa, podem ser adicionados aditivos, como retardadores de pega, redutores de permeabilidade e incorporadores de ar, ou adições, como material pozolânico, vermiculita e serragem.

#### 2.1.2 Tipos de argamassas de revestimento

As argamassas podem ser classificadas de várias formas, conforme mostra a figura 1.

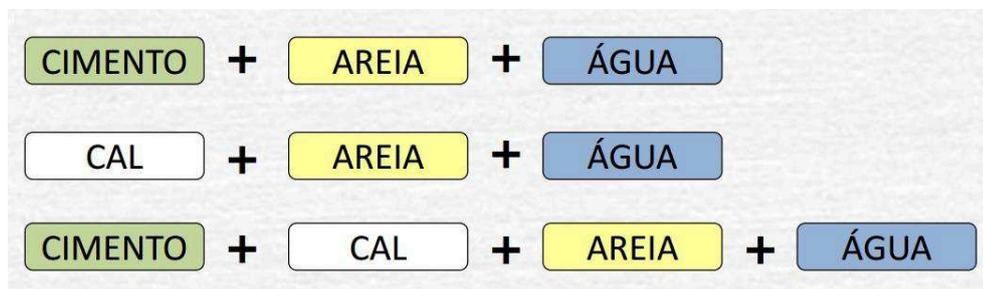
**Figura 1** - Critério de classificação das argamassas.

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	• Argamassa aérea
	• Argamassa hidráulica
Quanto ao número de aglomerantes	• Argamassa simples
	• Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	• Argamassa seca
	• Argamassa plástica
	• Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	• Argamassa pobre ou magra
	• Argamassa média ou cheia
	• Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	• Argamassa leve
	• Argamassa normal
	• Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	• Argamassa preparada em obra
	• Mistura semipronta para argamassa
	• Argamassa industrializada
	• Argamassa dosada em central

Fonte: MORAES, s.d.

Porém, a classificação mais usual utilizada para argamassas, é quanto ao número de aglomerantes, conforme ilustra a figura 2.

**Figura 2** - Composição de argamassas quanto ao número de aglomerantes.



Fonte: MORAES, s.d.

As argamassas de cimento são compostas basicamente por cimento Portland, agregado miúdo e água. Têm como características adquirir resistência mecânica elevada em pouco tempo, baixa porosidade e rápida secagem. Por consequência, possui alta retração por secagem, aumentando a possibilidade de fissuração, e também, possui baixa retenção de água, conferindo à argamassa baixa trabalhabilidade. Não é aconselhável sua aplicação sobre superfícies de baixa resistência e alta porosidade, como por exemplo concreto leve, celular, blocos e tijolos leves (ROMAN, s.d. e SILVA, 2006).

Ainda conforme os mesmos autores, argamassas de cal são constituídas por cal, agregado miúdo e água. A cal preenche os vazios entre os grãos do agregado miúdo, melhorando assim a retenção de água, consequentemente, a trabalhabilidade. São pouco utilizadas por possuírem baixa resistência mecânica e endurecimento lento.

Já as argamassas mistas são as mais utilizadas, compostas por cimento, cal, agregado miúdo e água, pois ela equilibra tanto os aspectos positivos, quanto os negativos dos outros dois tipos de argamassas.

Ainda, elas podem ser classificadas de acordo com o ambiente de exposição, conforme a NBR 13529 (ABNT, 1995):

- revestimento em contato com o solo: revestimento exposto à ação do solo;
- revestimento externo: revestimento de fachadas, muros e outros elementos da edificação em contato com o meio externo;
- revestimento interno: revestimento de ambientes internos da edificação.

Essa classificação de acordo com o ambiente de exposição e ao emprego dado à argamassa, afeta diretamente no traço dela que será utilizado.

De acordo com o traço, e com a finalidade do revestimento, esse recebe diferentes nomes: chapisco, emboço, reboco e massa única (Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, 2002).

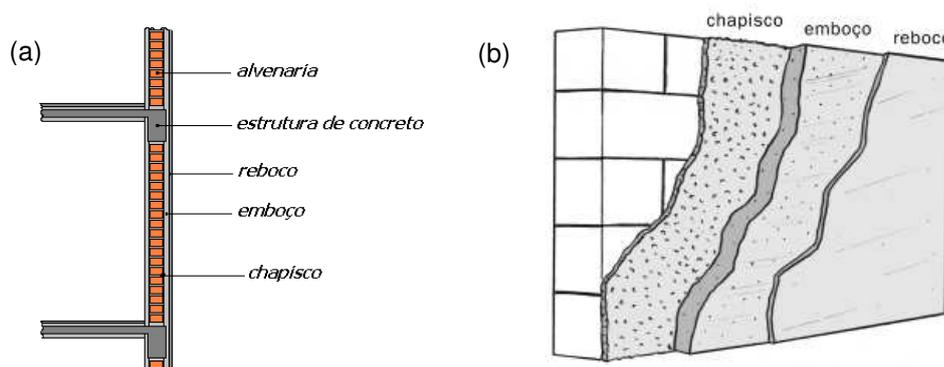
O chapisco não é considerado uma camada de revestimento, porém é usado como modo de preparo da base. Sua função é uniformizar a superfície de aplicação, regularizar a absorção da superfície da base, e melhorar a aderência das camadas subsequentes. Sua espessura máxima é de 5 mm. O traço comumente usado é, em volume, 1:0,25:3:0,8 (cimento:cal:areia:a/c) (ABCP, 2002 e ROMAN, s.d.).

O emboço pode ser aplicado na presença ou não do chapisco. Tem como função nivelar a superfície da base, ou do chapisco se esse estiver presente. Possui uma subclassificação, de acordo com o meio a ser aplicado: ambiente externo ou interno. Sua espessura pode variar de 15 mm a 25 mm, tendo importante papel na estanqueidade da parede. O traço usual para emboço externo é de 1:1:6:1,4. Para emboço interno, é de 1:2:8:2 (ABCP, 2002; SILVA 2006; ROMAN, s.d.).

Reboco é a última camada dos revestimentos, usada como acabamento. É o cobrimento do emboço. Possui textura superficial suave e regular, permitindo receber revestimento decorativo, como a pintura. De acordo com Silva (2006), “sua espessura é apenas o suficiente para constituir uma película contínua e íntegra sobre o emboço, com no máximo 5 mm de espessura.”. Segundo Roman (s.d.) o traço geralmente utilizado é 1:1:6:1,4.

As figuras 3(a) e 3(b) mostram como é o posicionamento de cada tipo de revestimento acima descrito.

**Figura 3** - (a) Posição dos revestimentos e (b) tipos de revestimento.



Fonte: (a) ROMAN, s.d. e (b) ABCP, 2002.

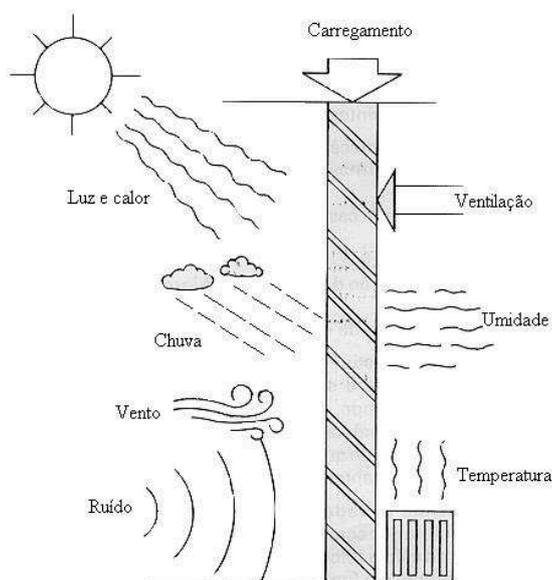
Ainda há o revestimento de massa única, também chamado de emboço paulista. É o revestimento executado numa única camada, cumprindo as funções do emboço e do reboco, ou seja, regularização da base e acabamento (ROMAN, s.d. e SILVA, 2006).

### 2.1.3 Funções

Conforme Roman (s.d.) e Silva (2006), as argamassas de revestimento exercem importantes funções numa edificação, como:

- auxiliar na proteção das vedações e da edificação contra a ação de agentes agressivos, evitando a degradação das mesmas, aumentando a durabilidade dos componentes;
- reduzir os custos de manutenção dos edifícios;
- auxiliar as vedações da construção no isolamento termo acústico, segurança contra fogo, contra a penetração da água, gases e outros fenômenos atmosféricos;
- função estética, melhorando o acabamento das superfícies, valorizando e aumentando o padrão do edifício.

A figura 4 exemplifica as funções do revestimento.



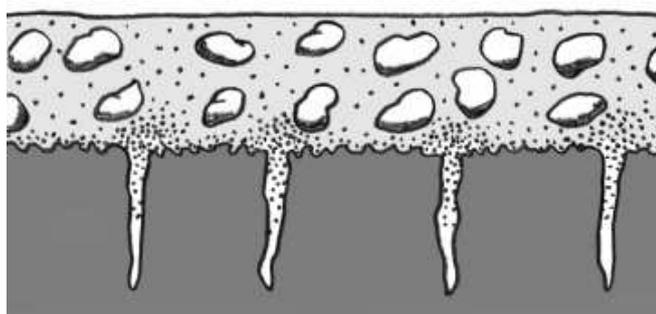
Fonte: ROMAN, s.d.

### 2.1.4 Propriedades

Para que as argamassas de revestimento cumpram de forma satisfatória as suas funções, é necessário que elas possuam determinadas propriedades, moldadas de acordo com as condições as quais estarão expostas. As principais propriedades são:

- Aderência: de acordo com ABCP (2002) aderência é a "(...) propriedade que possibilita à camada de revestimento resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base". Ainda conforme a ABCP, a aderência se dá pela ancoragem da pasta (argamassa) nos poros da camada de base, através da sucção de parte da água de amassamento (água inserida na pasta da argamassa) contendo os aglomerantes por esses poros, ocorrendo o seu endurecimento. A aderência é também alcançada por ancoragem mecânica, ou seja, ancoragem nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície da base. A figura 5 ilustra como deve ser uma adesão adequada do revestimento à base.

**Figura 5** – Adesão adequada do revestimento à camada de base.



Fonte: ABCP, 2002.

- Consistência: segundo Cincotto et al (1995), é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a resistir à deformação. As deformações podem ser intrínsecas, quando é o próprio revestimento que deforma, e extrínseca, quando é a camada de base que deforma. A deformação mais comum é a retração, resultante da perda de água por sucção para a base e por evaporação para o ambiente. A retração solicita à argamassa esforços de tração, tendendo a gerar fissurações. O uso de argamassas contendo menores teores de água podem ajudar a minimizar esse problema.

- **Trabalhabilidade:** essa propriedade relaciona-se principalmente com a consistência. De acordo com Sabbatini (1984), pode-se dizer que uma argamassa é trabalhável quando ela se distribui facilmente ao ser assentada, não adere à ferramenta quando está sendo aplicada, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies absorptivas e permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada.

- **Elasticidade:** ainda conforme Sabbatini (1984), elasticidade é a capacidade que a argamassa no estado endurecido apresenta em se deformar sem apresentar ruptura quando sujeita a solicitações diversas, e de retornar à dimensão original inicial quando cessam estas solicitações. Portanto, elasticidade é a propriedade que determina a ocorrência de fissuras no revestimento, influenciando na aderência da argamassa à base e na estanqueidade da superfície e sua durabilidade.

- **Estanqueidade:** propriedade relacionada à proteção que o revestimento oferece à camada de base contra intempéries. A estanqueidade é influenciada por diversos fatores, como as proporções e natureza dos materiais constituintes da argamassa, técnica de execução, espessura da camada, natureza da camada de base e a quantidade e o tipo de fissuras existentes (ABCP, 2002, p. 20).

- **Durabilidade:** é a propriedade que garante que a argamassa exerça suas funções adequadamente ao longo do tempo. De acordo com a ABCP (2002), alguns fatores podem comprometer a durabilidade da argamassa, sendo os que com mais frequência ocorrem: as movimentações de origem térmica, higroscópica (absorção de água) ou imposta por forças externas, podendo causar fissuração, desagregação e descolamento dos revestimentos; espessura do revestimento, quando em excesso pode intensificar a absorção de água nas primeiras idades, potencializando o surgimento de fissuras decorrentes da retração; e cultura e proliferação de microrganismos, provocando manchas escuras, geralmente em áreas permanentemente úmidas dos revestimentos. Os fungos e líquens produzem ácidos orgânicos que reagem e destroem progressivamente os aglomerantes da argamassa endurecida.

### **2.1.5 Produtores da região**

Santa Catarina abriga várias fábricas de argamassas para revestimento. Entre elas, a Ceramfix, localizada na cidade de Gaspar, a Weber, na cidade de Tubarão e a

Argasens, na grande Florianópolis. Em Joinville, tem-se a ParexGroup, a Euromax e a Argaville, que foi a fabricante selecionada para fornecer a argamassa de revestimento que será usada nesse trabalho.

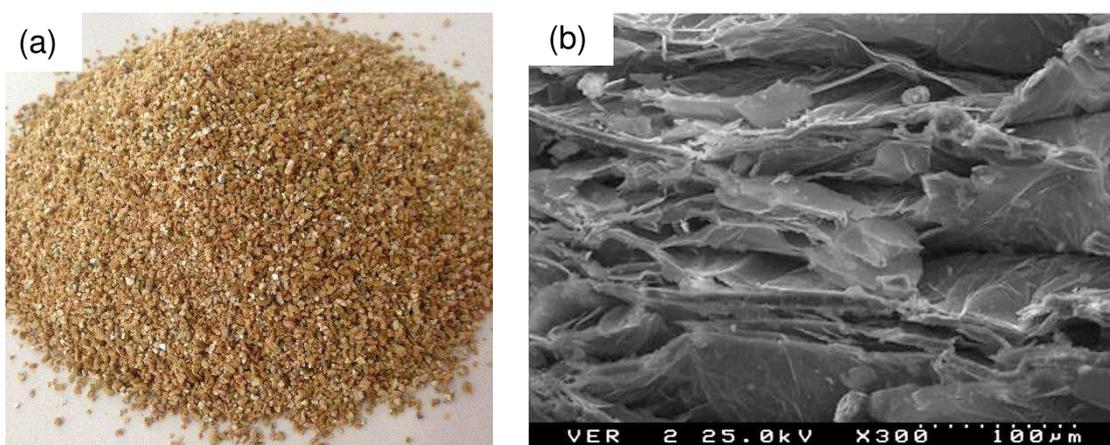
## 2.2 VERMICULITA

### 2.2.1 Definição

Segundo Chandra (2002), a vermiculita é um mineral composto principalmente por silicatos hidratados de magnésio e alumínio, confirmado por Machado (s.d.) que apresenta como composição química da vermiculita: 14,39 % MgO, 43,48 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12,82 % FeO, 11,92 % SiO<sub>2</sub>, 17,87 % H<sub>2</sub>O. O material é submetido a um processo de alto aquecimento (até aproximadamente 1100 °C), fazendo com que a água contida em seu interior se transforme em vapor, expandindo a partícula, originando assim uma estrutura sanfonada e porosa, de baixa densidade. De acordo com Ugarte e Monte (2005), a vermiculita expandida tem densidade entre 0,15 g/cm<sup>3</sup> e 0,25 g/cm<sup>3</sup>, e área de superfície específica entre 6,0 m<sup>2</sup>/g e 8,0 m<sup>2</sup>/g. Ainda segundo Nunes (s.d.), “Cada floco expandido aprisiona consigo células de ar inerte, o que confere ao material excepcional capacidade de isolamento.”.

A vermiculita pode ser vista na figura 6(a), e sua microestrutura, na figura 6(b).

**Figura 6** - (a) Grãos de vermiculita e (b) sua microestrutura.



Fonte: (a) AUTOR, 2015 e (b) SILVA, 2009.

### 2.2.2 Granulometria

A vermiculita é classificada de acordo com sua granulometria, recebendo os nomes de: médio, fino, superfino e microns. A tabela 1 mostra a classificação, também de acordo com o padrão internacional, padrão americano e padrão brasileiro.

**Tabela 1** - Classificação da vermiculita segundo padrão americano e brasileiro.

Padrão Internacional	Tamanho em mm	Padrão Americano	Tamanho em mm	Padrão Brasileiro	Tamanho em mm
Médio	-4,0 a + 1,4	2	-3,5 a + 1,75	Médio	55-95% > 2,4
Fino	-2,0 a + 0,71	3	-2,0 a + 0,6	Fino	65-95% > 1,2
Super fino	-1,0 a + 0,355	4	-0,85 a + 0,212	Superfino	70-95% >0,6
Microns	-0,71 a +0,25	5	-0,3	Micrometro	80-100% > 0,3

Fonte: GUIA DE CONSTRUÇÃO PINI, s.d.

### 2.2.3 Aplicações

Devido as várias propriedades da vermiculita, como isolante térmico, acústico, alta capacidade de absorção e adsorção, ela possibilita diferentes aplicações.

No ramo da construção civil o mineral é utilizado como isolante térmico e acústico em paredes e tetos, na forma de argamassa de revestimento, blocos e placas; interior de divisórias e portas “corta-fogo” e proteção de impermeabilização em lajes de coberturas. Na agricultura, é utilizada na composição de fertilizantes, formação de solos para horticultura, condicionador de solos ácidos e argilosos. Ainda pode ser aplicado na indústria de tintas, fabricação de pneus e pastilhas de freios para a indústria automobilística, produção de tijolos refratários, fabricação de isolantes térmicos têxteis, isolantes termoacústicos para a indústria naval, isolantes de câmaras frias, revestimento de moldes para a fundição de ferro e alumínio, adsorção de óleos, pesticidas e materiais pesados (OLIVEIRA, 2009 e NUNES, s.d.).

#### **2.2.4 Vantagens e desvantagens do uso**

O uso da vermiculita expandida incorporada à argamassa e ao concreto, trazem diversos benefícios para a construção. Uma das principais vantagens é a redução do peso da estrutura, e com estudos recentes, passou-se a perceber as vantagens também no uso em relação à isolamentos térmicos e acústicos. Nunes (s.d.) cita que a redução do peso, comparando uma estrutura com vermiculita expandida incorporada e outra de apenas concreto estrutural, é de 15% a 30%. Também cita que em termos de isolamento, uma camada de 2,5 cm de argamassa de revestimento com vermiculita, equivalem a uma camada de 25 cm de concreto comum. A facilidade de aplicação da argamassa com essa adição é a mesma do que a sem adição, se ajustado o teor de água adicionado.

Como desvantagem, é possível citar justamente a adição a mais de água na mistura para conseguir boa trabalhabilidade. A resistência mecânica da argamassa é inversamente proporcional à quantidade de água da mistura, pois após ser aplicada, ela começa a perder água para a base a qual está colocada, e para o ambiente. Com a evaporação da água, há uma redução na resistência mecânica da argamassa. Pelo mesmo motivo, é possível que aumente a retração da argamassa, podendo gerar fissuras indesejadas.

#### **2.2.5 Porcentagem empregada em concretos e argamassas**

Assim como para argamassas comuns, sem adições, o traço que será usado nas argamassas com adição de vermiculita, depende de sua aplicação. Segundo o Guia de Construção da PINI (s.d.), o traço, em volume, recomendado para argamassas de revestimento é de 1:5 (cimento:vermiculita). Para argamassas de enchimento, que tem o objetivo de isolamento térmico e acústico, o traço recomendado é de 1:10. Conforme Nunes (s.d.), também pode-se utilizar o traço de 1:1:1:3 (cimento:cal:areia:vermiculita) em argamassas de revestimento interno.

Utiliza-se também a argamassa com adição de vermiculita para isolamento de lajes. Para exemplificação, uma empresa que comercializa vermiculita recomenda que em lajes sem, ou eventual trânsito de pessoas, o traço seja de 1:8, alcançando um concreto de densidade aproximada de 350 kg/m<sup>3</sup>. Para lajes com trânsito médio de pessoas, o traço recomendado é de 1:6, com densidade de 430 kg/m<sup>3</sup>. Em lajes com

trânsito de veículos, é recomendado o uso do traço 1:4, obtendo densidade aproximada de 560 kg/m<sup>3</sup>. Para comparar, o concreto comum possui densidade aproximada de 2400 kg/m<sup>3</sup>.

## 2.3 PÓ DE SERRA

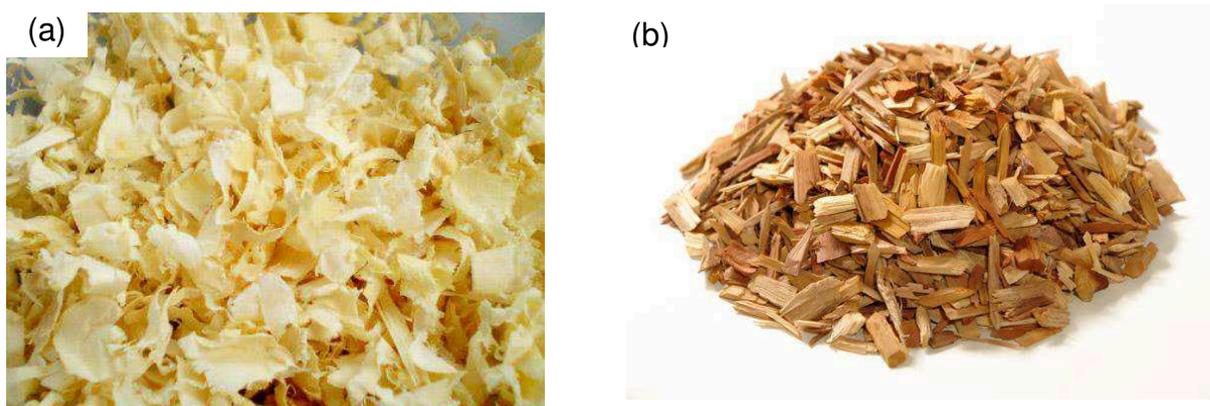
### 2.3.1 Definição

De acordo com Keles (2011, p. 23), o pó de serra, ou popularmente chamado, serragem “(...) é o resíduo resultante da serração das madeiras em sua transformação em bitolas pré-definidas”.

Segundo Grandi (1995) a utilização do pó de serra como agregado miúdo em blocos de concretos e argamassas visa melhorar o conforto ambiental da edificação e dá ao resíduo um destino mais nobre que a combustão.

No processo de beneficiamento da madeira, a indústria produz basicamente três tipos de resíduos: a maravalha, o cavaco e o pó de serra. A maravalha, vista na figura 7-(a), é o resíduo originado do desbaste da madeira, após o descascamento, no preparo de transformação da madeira roliça em madeira serrada. Ela é usada principalmente para forragem dos galpões de criação de frangos. O cavaco, figura 7-(b), é originado do aproveitamento do resíduo do descascamento e faceamento da madeira roliça na transformação em madeira serrada. É muito usado para geração de energia em termoelétricas (KELES, 2011).

**Figura 7** - (a) maravalha e (b) cavaco.



Fonte: (a) MADEPINHO, s.d. e (b) ALTIVO, 2015.

O pó de serra é mais fino do que a maravalha e o cavaco. Empresas têm feito a briquetização do pó de serra, que é a sua prensagem, transformando-o em briquetes, conforme mostra a figura 8. Conforme Dantas Filho (2004), o pó de serra de Pinus seco possui densidade entre 0,15 g/cm<sup>3</sup> e 0,20 g/cm<sup>3</sup>, similar a vermiculita.

**Figura 8** - Briquetes.



Fonte: MATEC, 2015.

Devido à diversidade de madeiras existente, essas possuem diferentes características mecânicas, densidade, cor, tamanho de grão, resistência ao apodrecimento, entre outras.

Segundo Dantas Filho (2004), uma serraria de porte médio que produz cerca de 2 mil metros cúbicos de madeira serrada por mês, pode gerar até 78 toneladas de serragem. Esse resíduo possui baixo valor comercial, assim, muitas madeireiras o descarta em aterros ou os incinera. A queima do pó de serra, segundo Keles (2011), resulta na liberação de vapor de água e gás carbônico na atmosfera, considerado o principal gás causador do efeito estufa.

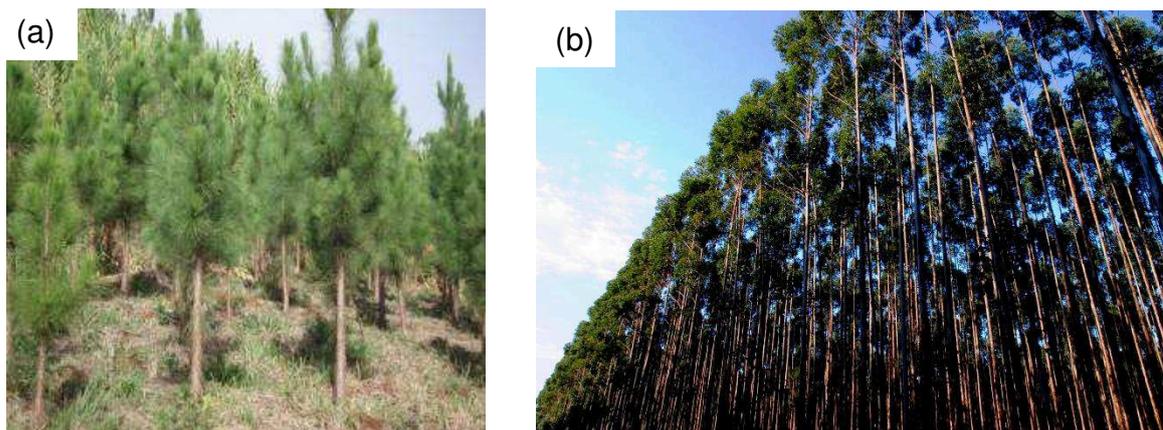
A serragem é considerada uma fibra vegetal. Conforme Savastano Junior et al (1997), as fibras vegetais possuem baixo módulo de elasticidade e elevada resistência à tração e flexão. Sua incorporação às matrizes cimentícias provoca aumento de resistência ao impacto, causada pela sua maior capacidade de absorção de energia, e um aumento na capacidade de isolamento termo acústico.

### 2.3.3 Aplicações na construção civil

De acordo com Heinrichs et al. (2000), a produção anual de concretos e argamassas com adição de fibras vegetais é de aproximadamente três milhões de toneladas por ano, sendo grande parte dessa produção localizada nos Estados Unidos, Europa, Oceania e Ásia.

Segundo Keles (2011), a madeira é usualmente classificada como “dura” ou “macia”. A madeira de coníferas, gimnospermas, é chamada de macia, e é exemplificada na figura 9 (a), enquanto a madeira de latifoliadas, angiospermas, é chamada de dura, mostrada na figura 9 (b). Essa classificação muitas vezes é enganosa, pois há madeiras duras que são de fato mais moles, ou macias, do que maior parte das macias, e inversamente também. Porém, essa classificação é importante, pois conforme aponta Batista (2002), as madeiras macias apresentam maior compatibilidade química com o cimento do que as duras. As madeiras duras contêm maior quantidade de componentes que inibem as reações do cimento.

**Figura 9** - (a) madeira macia, Pinus e (b) madeira dura, Eucalipto.



Fonte: MEIRELLES, 2014 e GRUPO SUZANO, 2012.

Keles (2011) ainda verificou que compósitos de pó de serra e cimento podem ser utilizados na fabricação de chapas para a construção de moradias, de blocos, telhas, material de acabamento, argamassa para execução de pisos, dentre outros.

### 2.3.4 Vantagens e desvantagens do uso

De acordo com Hannant (1978), a adição de fibras vegetais em concretos e argamassas melhora consideravelmente suas propriedades de flexão e tração. Dessa forma, as fibras alteram a reologia da mistura fresca, o controle da fissuração do concreto e muda seu comportamento à fratura, aumentando a capacidade de carregamento após o aparecimento das primeiras trincas.

A principal fonte de degradação de vegetais no ambiente natural, o ataque biológico através de fungos xilófagos (fungos que atacam especificamente estruturas de madeira), não apresenta maiores preocupações, porque as matrizes cimentícias empregadas apresentam pH alcalino capaz de inibir sua ação (SAVASTANO JUNIOR, 2000).

Ainda, segundo Wei e Tomita (2000), esses compósitos cimento-madeira apresentam a vantagem de ter baixa densidade quando comparada ao concreto comum. Eles podem ser usados em substituição a tijolos e concretos em determinadas situações.

Apesar de possuir vantagens, o uso da serragem em argamassas também tem desvantagens. Alberto *et al.* (2000) apud Keles (2011) comenta que as reações que fazem do cimento um elemento ligante ocorrem na pasta formada por cimento e água, na qual os aluminatos e silicatos formam produtos hidratados, que com o tempo de pega adquirem firmeza e resistência. Assim, as características físico-químicas da madeira que está sendo usada são atributos fundamentais que têm grande influência no produto final, a argamassa ou concreto, pois nem todas as espécies reagem favoravelmente com o cimento, devido ao tipo e quantidade de substâncias inibidoras de pega presentes na madeira.

Gram e Nimityongskul (1987) comentam ainda que o meio alcalino da matriz de cimento e a umidade ambiente limitam a vida útil dos elementos produzidos à base de fibras vegetais.

Swamy (2000), cita algumas desvantagens do uso da serragem em concretos e argamassas, pois apesar de existirem em abundância e prontamente disponíveis a baixo custo, seu módulo de elasticidade é baixo, possui elevada absorção de água, falta de durabilidade em ambiente alcalino e variabilidade das propriedades entre fibras do mesmo tipo.

### 2.3.5 Porcentagem empregada em concretos e argamassas

Há muitos estudos relacionados à qual traço é o ideal para ser usado em concretos e argamassas com adição de serragem. Stancato (2000), por exemplo, realizou estudo com traços, em massa, de 1:0,4 e 1:0,6 (cimento:serragem), variando a relação água/cimento. Já Dantas Filho (2011), realizou ensaios utilizando os traços de 1:0,4:0,78 (cimento : serragem : a/c) e 1:0,25:2,06:3,30:0,79 (cimento : serragem : areia:brita:a/c).

Dessa forma, é possível observar que os traços que podem ser utilizados são dos mais diversos, e dependem do tipo de aplicação que da mistura. Para lugares onde a solicitação de esforços é baixa, pode-se usar traços com maior teor de pó de serra, como em lajes de cobertura e terraços, assim aumentando a capacidade de isolamento da argamassa. Já para lugares onde os esforços sejam de maior importância, deve-se trabalhar com teores menores de serragem, a fim de aumentar a resistência mecânica da mistura.

Ainda, Sanderman et al., (1960) e Simatupng (1986) apud Batista (2002) pesquisaram sobre compósitos de cimento-madeira, adotando o traço, em massa, de 1:0,5 (cimento:serragem), dosando empiricamente a água de amassamento. Eles constataram que as partículas vegetais absorveram muita água, reduzindo a trabalhabilidade da argamassa. Como resultado disso, os corpos de prova recém desmoldados necessitariam mais dias para serem desmoldados, pois precisam de mais tempo para ganharem suficiente resistência.

## 2.4 INCORPORADOR DE AR

### 2.4.1 Definição

Segundo a NBR 11768 (ABNT, 1992), aditivo incorporador de ar é um produto que incorpora pequenas bolhas de ar ao concreto ou argamassa, com objetivo de melhorar a trabalhabilidade e diminuir a relação água/cimento.

De acordo com Martin (2005), essas pequenas bolhas de ar possuem, em geral, diâmetros inferiores a 75  $\mu\text{m}$ , existindo entre 0,1 e 0,4 bilhões por  $\text{m}^3$ , para quantidades de ar compreendidas entre 3% e 6%. Se essas bolhas possuírem

diâmetros superiores a 200  $\mu\text{m}$ , elas se comportam como ar aprisionado, prejudicando a resistência mecânica do material.

Existem alguns fatores que influenciam na incorporação de ar nos concretos e argamassas. Os principais, segundo Bauer (2000), são:

- Cimento: sua natureza, granulometria e dosagem interferem no teor de ar incorporado à mistura. Quanto mais fino e menor quantidade de sulfatos e álcalis solúveis presente, maior a quantidade de aditivo que deve ser adicionado.

- Relação água/cimento: interfere não só sobre o teor de ar adicionado, mas também sobre a ação das bolhas.

- Influência de outros aditivos: o acréscimo de outros aditivos pode modificar o teor de ar incorporado.

- Temperatura: influencia diretamente sobre a quantidade de ar incorporado. Quanto maior a temperatura, menor a quantidade de ar.

- Agregado: a quantidade, tipo e forma do agregado (no caso das argamassas, a areia), têm influência sobre a quantidade de ar incorporado. Grãos entre 0,2 mm e 0,8 mm, valor compreendido entre a areia fina e a areia média (Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil - ANEPAC, 2015), são os que incorporam maior quantidade de ar.

- A energia de compactação e o tempo de vibração (para o caso de concretos), também influenciam no teor final de ar incorporado.

Em geral, as alterações que os aditivos incorporadores de ar trazem para as argamassas está descrito na tabela 2, conforme Carasek (1997):

**Tabela 2** - Alterações provocadas pelos aditivos incorporadores de ar.

	<b>PROPRIEDADES INDICADAS</b>	<b>EFEITO DO ADITIVO IAR</b>
<b>ESTADO FRESCO</b>	Índice de consistência	Aumenta para mesmo a/c
	Densidade de massa aparente	Diminui
	Teor de ar	Aumenta
	Retenção de água	Aumenta (reduz a exsudação)
<b>ESTADO ENDURECIDO</b>	Resistência mecânica	Diminui para mesmo a/c
	Resistência de aderência	Diminui para mesmo a/c *
	Absorção capilar	Diminui
	Retração por secagem	Igual ou aumenta
	Densidade de massa específica	Diminui
	Módulo de elasticidade	Diminui
	Durabilidade	Aumenta (ciclos de gelo/degelo)

## 2.4.2 Aplicações

Há décadas os aditivos incorporadores de ar têm sido utilizados em concretos para pavimentação em países com invernos rigorosos, a fim de que eles resistam aos ciclos de gelo e degelo. Também, nos últimos anos, esses aditivos vêm sendo utilizados em argamassas de revestimento pois propiciam melhor trabalhabilidade e maior rendimento (MONTE; UEMOTO; SELMO, 2003).

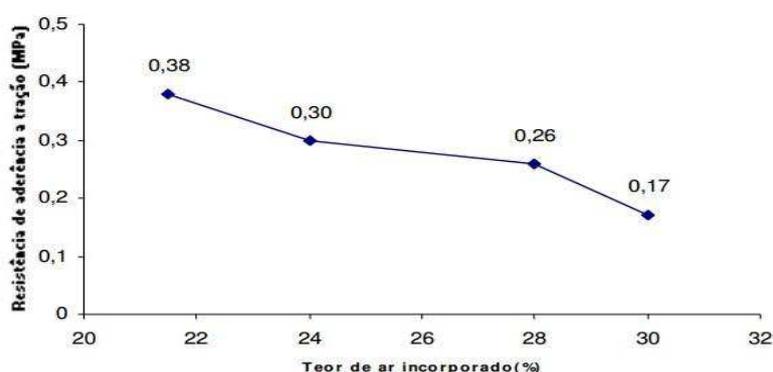
## 2.4.3 Vantagens e desvantagens do uso

A incorporação de ar em argamassas, segundo Alves e Ó (s.d.), influencia na diminuição da quantidade de material consumido na obra, além de apresentarem melhor rendimento e maior produtividade, por serem mais leves.

Calhau e Tristão (1999) observaram também que, em condições normais de temperatura e pressão, argamassas de revestimento com incorporação de ar são menos permeáveis que os revestimentos apenas de cimento e areia, ou os com cal em sua composição. Além disso, observaram a diminuição de peso da mistura, ajudando na redução do peso próprio da estrutura e das fundações, acarretando na redução do custo final da obra, além do ganho ambiental, através da economia de aplicação de recursos não renováveis.

Como desvantagem, é citado por Alves (2002) a influência do aditivo incorporador de ar na redução da aderência das argamassas. Essa redução de aderência ocorre gradativamente com o aumento da incorporação de ar. Na figura 10 é possível observar essa redução à medida que aumenta o teor de ar incorporado.

**Figura 10** - Redução da aderência com o aumento do teor de ar incorporado.



Fonte: ALVES, 2002.

#### **2.4.4 Porcentagem empregada em concretos e argamassas**

Calhau e Tristão (1999) realizaram estudos adotando teor de aditivo entre 0,2% e 0,5%, alcançando incorporação de ar entre 12,4% até 19,0%. Foi observado que quanto maior é o teor de aditivo utilizado, maior é a redução da densidade da argamassa, devido à incorporação de microbolhas. A incorporação dessas bolhas não afetou a resistência mecânica da mistura, pelo contrário, observou-se um acréscimo. Para o traço, em volume, de 1:0,5:9 (cimento:cal:areia) e teor de aditivo de 0,5%, a resistência à compressão simples foi de 2,0 MPa, enquanto que na argamassa de referência (mesmo traço, porém sem o aditivo), a resistência foi de 1,8 MPa. A maior resistência encontrada foi com o corpo de prova que continha 0,3% de aditivo, alcançando 2,3 MPa. Esse fenômeno pode ser explicado pelo efeito plastificante do aditivo, que ao incorporar ar à argamassa em forma de pequenas bolhas, elas ocupam espaços de parte da água de amassamento necessária para dar trabalhabilidade às argamassas, reduzindo assim a relação água/cimento, aumentando a resistência à compressão.

Com esse mesmo traço, obtiveram uma densidade da argamassa, no estado fresco, de 1,81 g/cm<sup>3</sup>, e no estado endurecido, 1,75 g/cm<sup>3</sup>. E também, foi observado uma diminuição na exsudação da mistura e melhora da sua trabalhabilidade.

### **2.5 TABELAS COMPARATIVAS ENTRE OS MATERIAIS ESTUDADOS**

#### **2.5.1 Tabela de vantagens e desvantagens**

A tabela 3 a seguir resume os tópicos de vantagens e desvantagens dos materiais estudados: a vermiculita, a serragem e o aditivo incorporador de ar.

**Tabela 3** - Vantagens e desvantagens do uso dos materiais em argamassas.

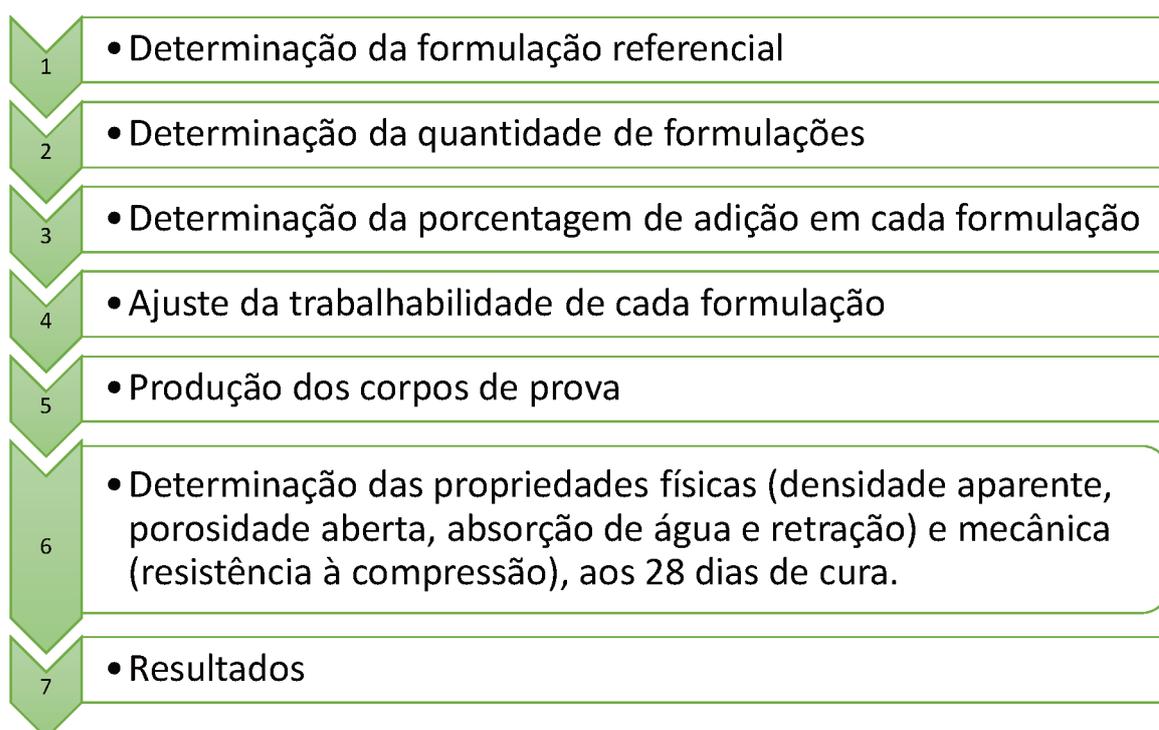
	<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>VERMICULITA (VER)</b>	Redução do peso da estrutura	Maior teor de água na mistura
	Isolamento térmico	Redução da resistência mecânica
	Isolamento acústico	-
<b>SERRAGEM (SER) - NA FORMA DE FIBRAS</b>	Melhora da resistência à tração e flexão	Presença de substâncias inibidoras da pega do cimento
	Aumento da capacidade de carregamento após o surgimento das primeiras trincas	Necessidade de tratamento químico prévio
	Redução do peso da estrutura	Falta de durabilidade em meio alcalino
	Isolamento térmico e acústico	Variabilidade de propriedades entre fibras do mesmo tipo
<b>INCORPORADOR DE AR (INC)</b>	Melhora o rendimento e produtividade da mão de obra, por serem mais leves	Redução da aderência argamassa/substrato
	Diminuição da quantidade de matéria-prima utilizada	-
	Diminuição da permeabilidade da argamassa	-
	Redução do peso da estrutura	-
	Completa misturas mal graduadas, melhorando a distribuição de vazios	-

Fonte: AUTOR, 2015.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental utilizado neste trabalho seguiu as etapas indicadas na figura 11. Os estudos foram feitos no laboratório de materiais de construção da UFSC Campus Joinville e no laboratório de ensaios mecânicos da Católica Santa Catarina.

**Figura 11** - Sequência de desenvolvimento do trabalho.



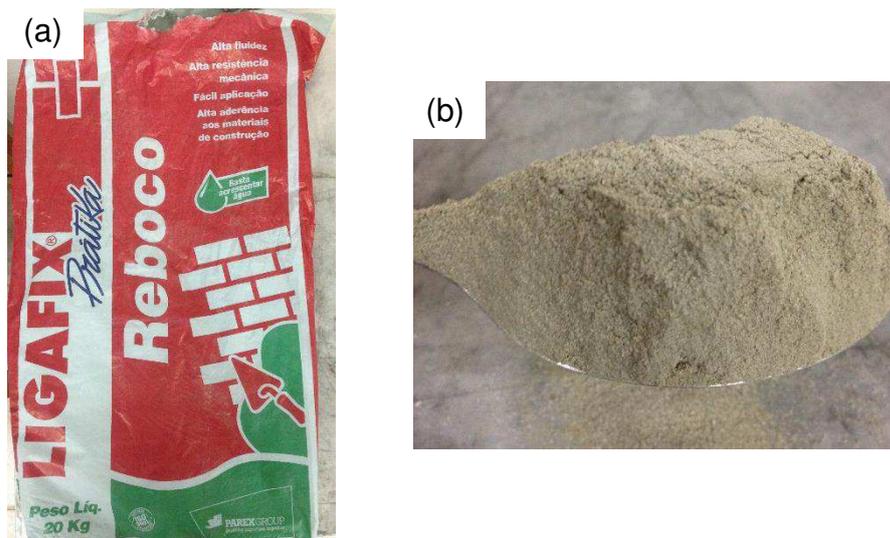
Fonte: AUTOR, 2015.

#### 3.1 MATERIAIS

##### 3.1.1 Argamassa

Neste trabalho foi utilizada uma argamassa comercial pronta para o uso, da marca LigaFix, empresa PortoKoll - empregada em reboco (figura 12), uma vez que a mesma apresenta propriedades adequadas para o estudo.

**Figura 12** - (a) argamassa utilizada no trabalho e (b) sua imagem ampliada.



Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.1.2 Vermiculita

A vermiculita expandida (figura 13) usada no desenvolvimento do trabalho foi da empresa Terra Mater, cuja granulometria é classificada como superfina.

**Figura 13** - (a) vermiculita utilizada e (b) sua imagem ampliada.

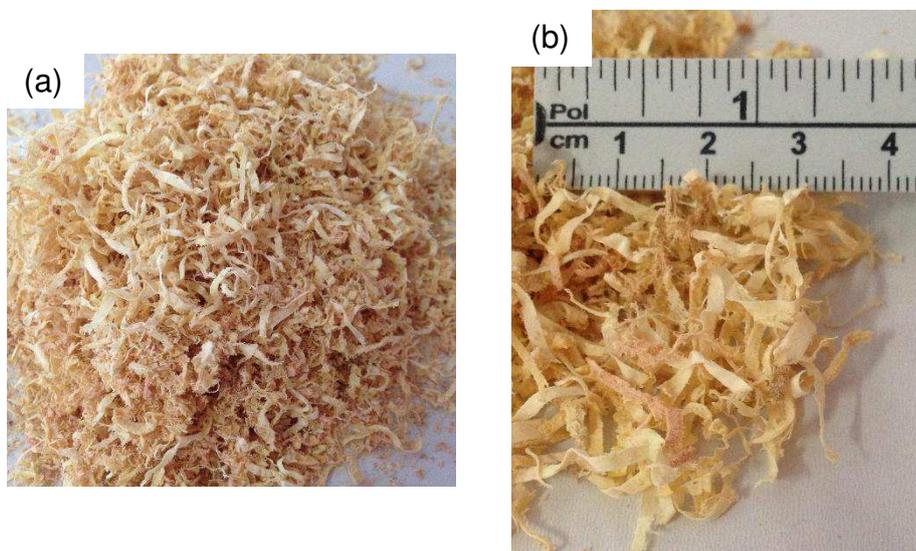


Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.1.3 Pó de serra

O pó de serra com característica fibrosa (figura 14), foi coletado na cidade de São Bento do Sul, e sua origem é das madeiras de Pinus e Eucalipto.

**Figura 14** - (a) serragem usada no trabalho e (b) imagem ampliada.

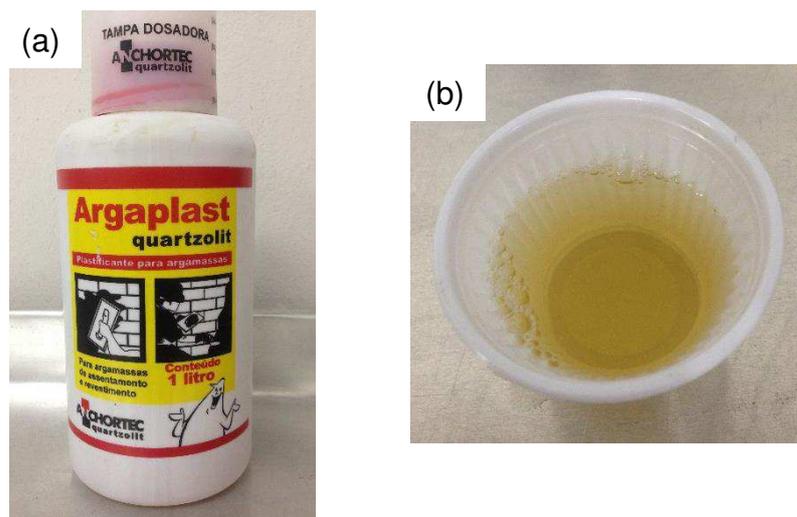


Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.1.4 Incorporador de ar

O aditivo incorporador de ar empregado no trabalho (figura 15), foi o Argaplast Quartzolit, da empresa Weber. A base da sua formulação é de surfactantes, possui massa específica de 1,002 a 1,004 g/cm<sup>3</sup>, pH de 4,5 a 7,5 e teor de sólidos de 3,0 a 4,0%. Esse aditivo de coloração amarelada (figura 15(b)), influencia na trabalhabilidade da argamassa e aumenta sua durabilidade (MONTE; UEMOTO; SELMO, 2003).

**Figura 15** - (a) embalagem do aditivo usado e sua (b) coloração.



Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A vermiculita e a serragem incorporadas à argamassa possuem alta capacidade de absorção de água. Assim, a tendência das formulações que contém essas adições é que a trabalhabilidade seja prejudicada. Já o aditivo incorporador de ar possui a capacidade de melhorar a trabalhabilidade, devido à incorporação de microbolhas à argamassa, necessitando assim menores quantidades de água para compensar a trabalhabilidade perdida. Dessa forma, dosagens distintas de água foram usadas na mistura. Além disso, foram avaliadas as propriedades das formulações no estado fresco, através do ensaio na mesa de consistência, e no estado endurecido até os 28 dias de cura, através dos ensaios de resistência à compressão, retração, densidade aparente, absorção de água e porosidade aberta.

Inicialmente, a formulação referência (REF), sem qualquer tipo de adição ou aditivo, foi ajustada para uma abertura na mesa de 200 mm  $\pm$  10 mm, valor esse que apresentou trabalhabilidade adequada.

O trabalho é composto por 8 formulações de modo a avaliar o efeito individual e combinado entre as adições estudadas.

A porcentagem máxima de cada adição (tabela 4) foi obtida tendo como base as porcentagens mais usuais para cada tipo de matéria-prima. Nas formulações 5 a 7, a porcentagem de adição foi a metade da porcentagem usada nas formulações de

2 a 4, pois foram misturados dois tipos de adições (formulações binárias). Na formulação 8 foi usado um terço da porcentagem usada nas formulações de 2 a 4, pois foram misturados os três tipos de adição. As porcentagens foram calculadas em relação à massa de argamassa utilizada em cada formulação.

**Tabela 4** - Formulações usadas no trabalho e seus respectivos percentuais de adições incorporados à argamassa.

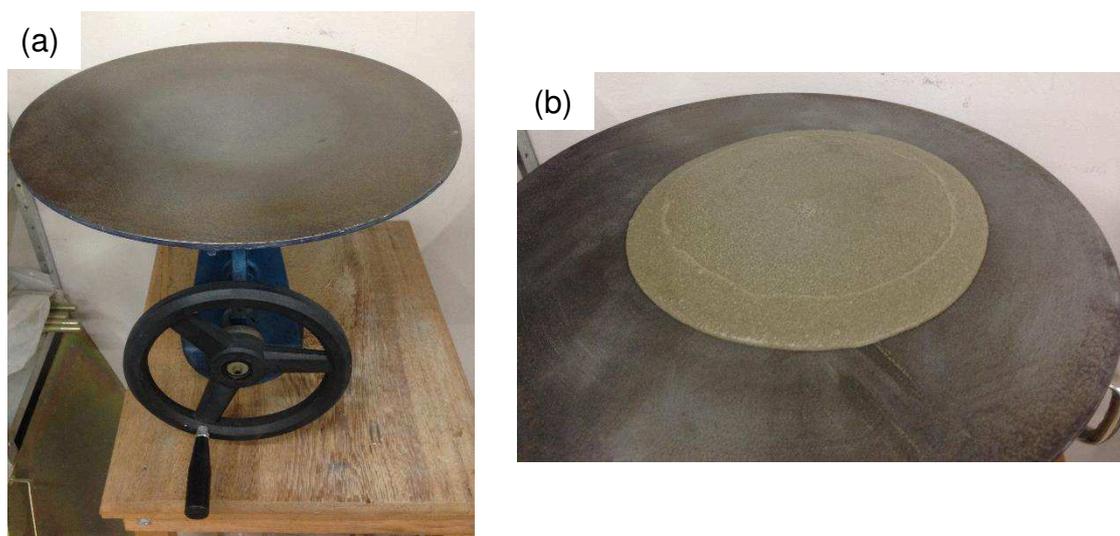
FORMULAÇÃO	PORCENTAGEM MATERIAL (%)			
	ARG	VER	SER	INC
F1	100,00	-	-	-
F2	100,00	5,00	-	-
F3	100,00	-	5,00	-
F4	100,00	-	-	0,10
F5	100,00	2,50	2,50	-
F6	100,00	2,50	-	0,05
F7	100,00	-	2,50	0,05
F8	100,00	1,67	1,67	0,03

Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.2.1 Ajuste da trabalhabilidade na mesa de consistência

Para que todas as formulações atingissem o valor de abertura na mesa anteriormente fixado, a quantidade de água foi ajustada individualmente de acordo com o tipo de adição. O ajuste foi feito na mesa de consistência (figura 16).

**Figura 16** - (a) mesa de consistência utilizada no trabalho e (b) diâmetro máximo do espalhamento após 30 golpes.



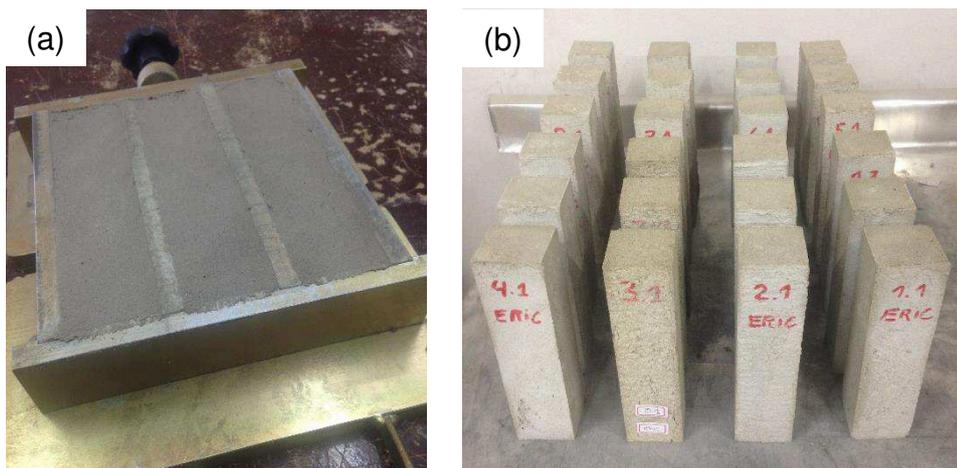
Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.2.2 Resistência à compressão

Corpos de prova (4 x 4 x 16 cm) foram produzidos e rompidos à compressão aos 28 dias, seguindo a NBR 13279 (2005). Para cada uma das 8 formulações foram utilizados 3 corpos de prova, de modo a obter a média e o desvio padrão dos resultados. Na figura 17 são mostrados o molde com a formulação REF e os corpos de prova após desmoldagem, e na figura 18 são mostrados a máquina de compressão utilizada no ensaio e um dos corpos de prova sendo ensaiado.

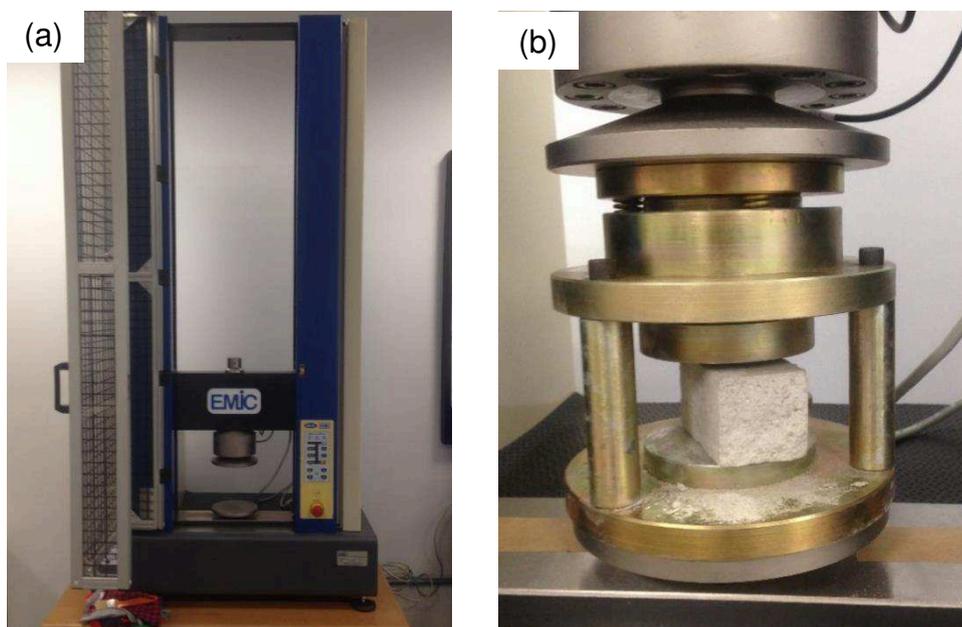
Os corpos de prova foram desmoldados com 2 dias de cura, pois não apresentavam resistência suficiente para serem desmoldados após 24 horas. Este fato pode ser atribuído aos teores de água e adições incorporados em suas formulações.

**Figura 17** - (a) molde com a formulação REF e (b) corpos de prova desmoldados.



Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 18** - (a) máquina de compressão utilizada no ensaio e (b) corpo de prova sendo ensaiado.



Fonte: AUTOR, 2015.

### 3.2.3 Densidade aparente, absorção de água e porosidade aberta

Para determinar as propriedades físicas das formulações estudadas, primeiramente foi necessário definir os valores de massa seca, massa imersa e massa de superfície seca dos corpos de prova.

Após os 28 dias de cura, os corpos de prova foram fragmentados de modo a obter 4 pedaços/réplicas para cada formulação. Então esses pedaços (figura 19(a)) foram colocados em uma estufa a uma temperatura de  $100 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante 24 horas. Após esse período a massa dos pedaços foram determinadas ( $m_s$ ). Na sequência, eles foram imersos em água por 72 horas (figura 19(b)), seguido da determinação da massa imersa ( $m_i$ ), indicada na figura 19(c). Por fim, ao serem retirados da água, a superfície dos pedaços foi seca e então os pedaços foram novamente pesados, determinando assim a massa de superfície seca ( $m_{SSS}$ ).

**Figura 19** - (a) fragmentos avaliados, (b) imersão em água por 72h e (c) pesagem submersa.



Fonte: AUTOR, 2015.

Para determinar os valores da densidade aparente, absorção de água e porosidade aberta foram usadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Densidade Aparente} = \frac{m_s}{m_{SSS} - m_i}$$

$$\text{Absorção de Água} = \frac{m_{SSS} - m_s}{m_s} \cdot 100$$

$$\text{Porosidade Aberta} = \frac{m_{SSS} - m_s}{m_{SSS} - m_i} \cdot 100$$

Onde nas fórmulas:

- $m_{SSS}$  = massa de superfície seca;
- $m_s$  = massa seca;
- $m_i$  = massa imersa.

Todos os procedimentos adotados nos ensaios foram realizados de acordo com a NBR 9778 (2006).

### 3.2.4 Ensaio de retração

Para realizar o ensaio de retração, 3 corpos de prova com dimensões 2,5 x 2,5 x 28,5 cm foram produzidos de maneira semelhante ao de ensaio de resistência à compressão. Na figura 20(a) é possível ver o molde com a argamassa compactada, e na figura 20(b) os corpos de prova desmoldados. A execução foi realizada de acordo com a NBR 15261 (2005), e desmoldagem com 2 dias de cura.

A medição foi realizada aos 14, 21 e 28 dias de cura, no equipamento com precisão milimétrica (figura 21).

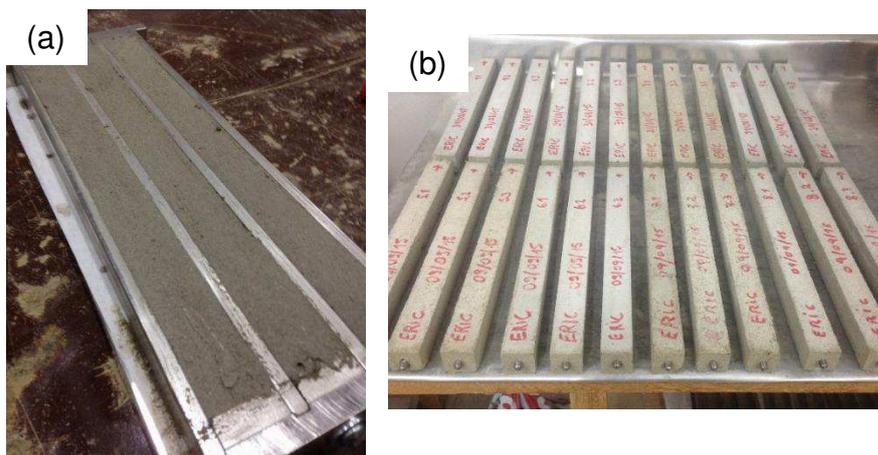
A equação usada para determinar a porcentagem de retração dos corpos de prova foi a seguinte:

$$\text{Retração} = \frac{DI}{C} \cdot 100$$

Onde:

- DI = variação do comprimento do corpo de prova;
- C = comprimento efetivo do corpo de prova;

**Figura 20** - (a) molde para o ensaio de retração com argamassa dentro e (b) corpos de prova desmoldados.



Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 21** - Equipamento usado para medir a retração.



Fonte: AUTOR, 2015.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 TRABALHABILIDADE

A adição de materiais porosos à argamassa, assim como esperado, exigiu que a quantidade de água adicionada nas formulações fosse aumentada. A fim de manter a trabalhabilidade constante, para melhor avaliar as propriedades físicas e mecânicas, foi fixada a abertura na mesa, variando apenas a água, conforme apresentado na tabela 5.

**Tabela 5** - Quantidade de água em cada formulação.

	<b>Formulação</b>	<b>H<sub>2</sub>O (g)</b>
<b>F1</b>	REF	155
<b>F2</b>	5VER	250
<b>F3</b>	5SER	280
<b>F4</b>	0,1INC	145
<b>F5</b>	2,5VER + 2,5SER	270
<b>F6</b>	2,5VER + 0,05INC	200
<b>F7</b>	2,5SER + 0,05INC	230
<b>F8</b>	1,67VER + 1,67SER + 0,03INC	230

Fonte: AUTOR, 2015.

### 4.2 VARIAÇÃO DA MASSA DOS CORPOS DE PROVA

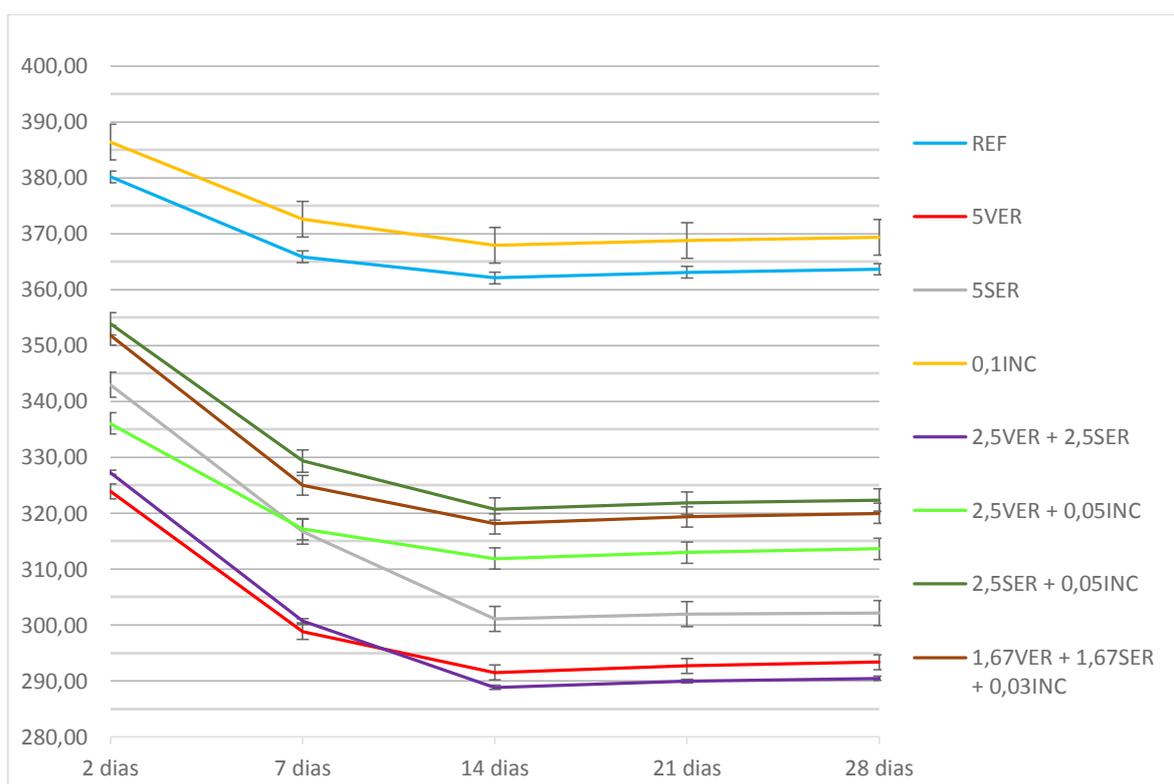
Verificou-se uma queda da massa de todas as amostras. Isso ocorre devido à perda de água por hidratação e por secagem para o ambiente, comprovando-se o fato de que as argamassas interagem ativamente com o meio o qual estão inseridos.

As formulações que apresentaram maior redução de peso foram as formulações 5SER (F3), 2,5VER + 2,5SER (F5) e 5VER (F2), conforme indicadas na figura 22.

Observa-se que as formulações que tiveram maior quantidade de água adicionada, tenderam a ter maior redução de massa. Isso ocorre nas formulações que contém adições em maior quantidade (5VER, 5SER e 2,5VER + 2,5SER), pois essa água a mais adicionada para manter a trabalhabilidade constante, tende a evaporar para o ambiente através da secagem. Assim, o percentual de perda de massa em relação à sua primeira medição (figura 23) tende a ser maior em formulações com maior quantidade de água.

Também se nota que a perda de massa é mais intensa nos primeiros dias, e ao longo do tempo a tendência é que a massa permaneça constante.

**Figura 22** - Variação das massas dos corpos de prova ao longo do tempo.



Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 23** - Perda total de massa aos 28 dias de cura.

	<b>PERDA TOTAL DE MASSA (%)</b>
<b>REF</b>	4,35
<b>5VER</b>	9,44
<b>5SER</b>	11,91
<b>0,1INC</b>	4,41
<b>2,5VER + 2,5 SER</b>	11,26
<b>2,5VER + 0,05INC</b>	6,67
<b>2,5SER + 0,05INC</b>	8,93
<b>1,67VER + 1,67SER + 0,03 INC</b>	9,06

Fonte: AUTOR, 2015.

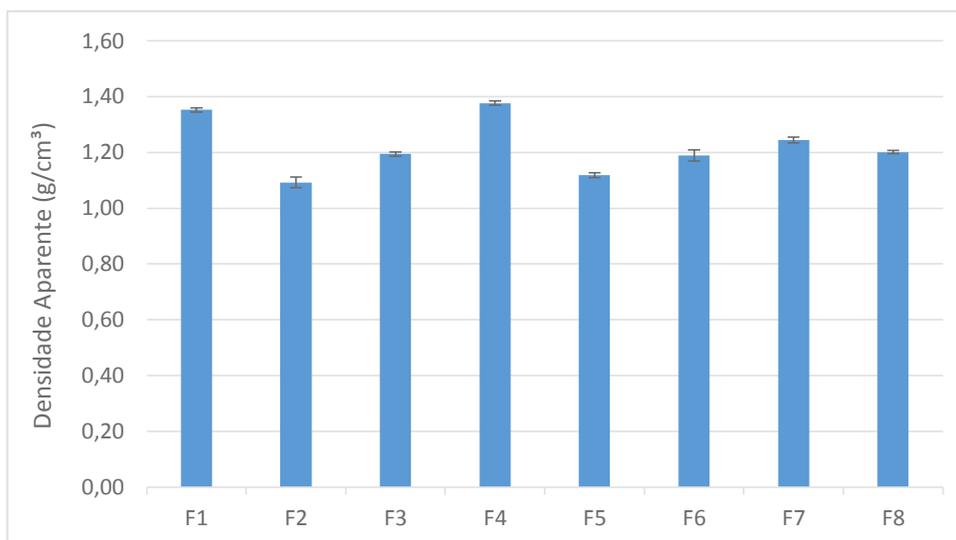
#### 4.3 DENSIDADE APARENTE, ABSORÇÃO DE ÁGUA E POROSIDADE ABERTA

As propriedades físicas - densidade aparente, absorção de água e porosidade aberta, influenciam diretamente na retração e na resistência à compressão das argamassas, conforme discutido a seguir.

As amostras com as adições de vermiculita e serragem apresentaram a menor densidade em relação à REF aos 28 dias (figura 24). Entre as formulações binárias (compostas por 2 adições), a que apresentou menor densidade foi aquela que continham vermiculita e serragem (2,5VER + 2,5SER).

Esse fato pode ser relacionado ao efeito combinado entre a quantidade de água que foi adicionada à mistura e à densidade específica dos materiais adicionados.

As formulações que tiveram menor densidade foram as que tiveram mais água adicionada, e que tiveram as adições de vermiculita (0,15 g/cm<sup>2</sup> a 0,25 g/cm<sup>3</sup> de densidade) e serragem (0,15 g/cm<sup>3</sup> a 0,20 g/cm<sup>3</sup>). Considerando o desvio-padrão, as formulações binárias e a com 3 adições tiveram pequena variação.

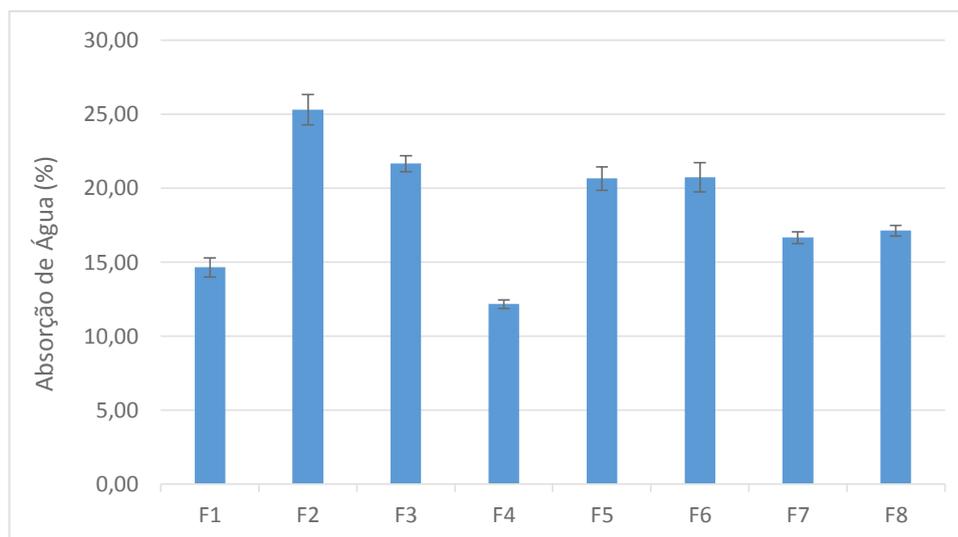
**Figura 24** - Densidade aparente das argamassas com 28 dias de cura.

Fonte: AUTOR, 2015.

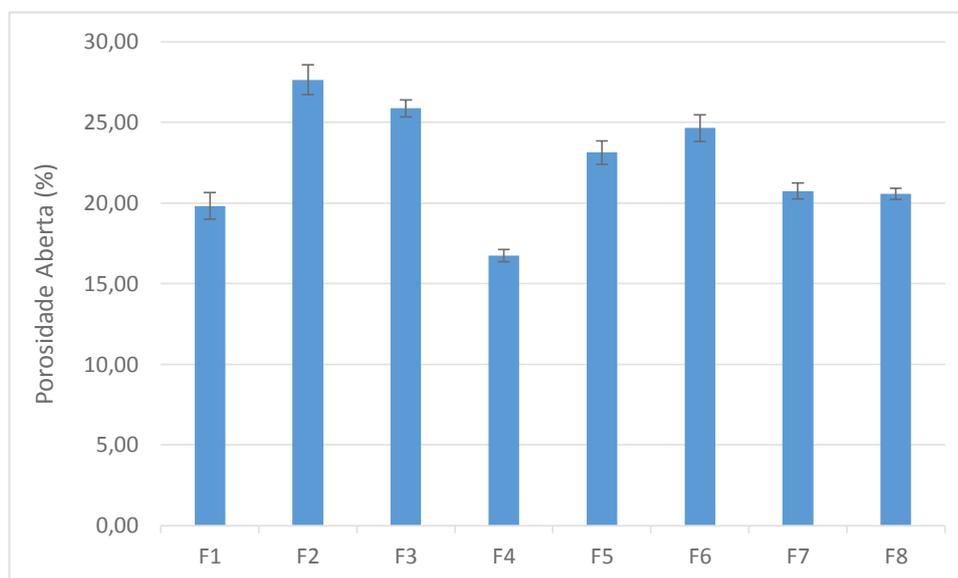
Em geral, os resultados confirmaram que a absorção de água (figura 25) e a porosidade aberta (figura 26) são inversamente proporcionais à densidade. As formulações com vermiculita e serragem (5VER e 5SER) foram as que apresentaram valores maiores de absorção de água em relação à REF, cerca de 50% a mais.

As formulações com maiores porosidades abertas também foram as 5VER e 5SER. As amostras binárias mostraram valores intermediários entre a REF e aquelas com adições simples de vermiculita e serragem. Considerando o desvio-padrão das amostras, as formulações binárias não tiveram grande variação.

A determinação das propriedades físicas é importante, pois nos possibilita evidenciar que haverá uma redução no peso próprio das estruturas que contenham essas adições, gerando as vantagens já descritas anteriormente. Todavia, há também o fator da possível redução da resistência à compressão das argamassas, e problemas com a retração.

**Figura 25** - Absorção de água das argamassas com 28 dias de cura.

Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 26** - Porosidade aberta das argamassas aos 28 dias de cura.

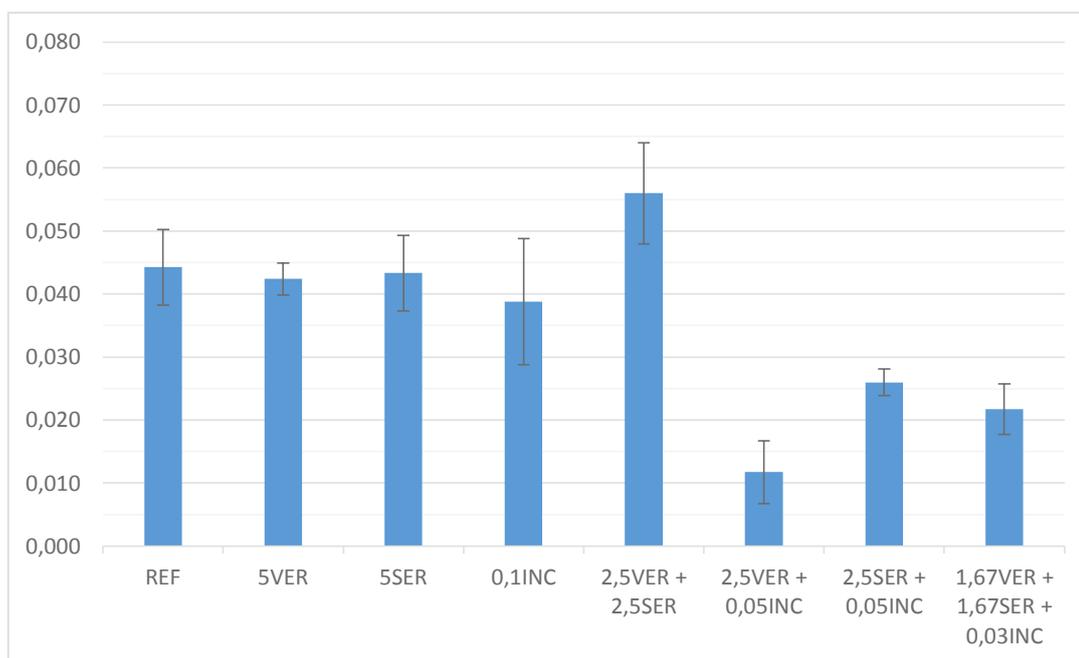
Fonte: AUTOR, 2015.

#### 4.4 RETRAÇÃO

A retração é uma propriedade que foi influenciada diretamente pelos traços empregados no presente estudo. Os resultados das amostras com 14, 21 e 28 dias de cura são apresentados nas figuras 27, 28 e 29, respectivamente.

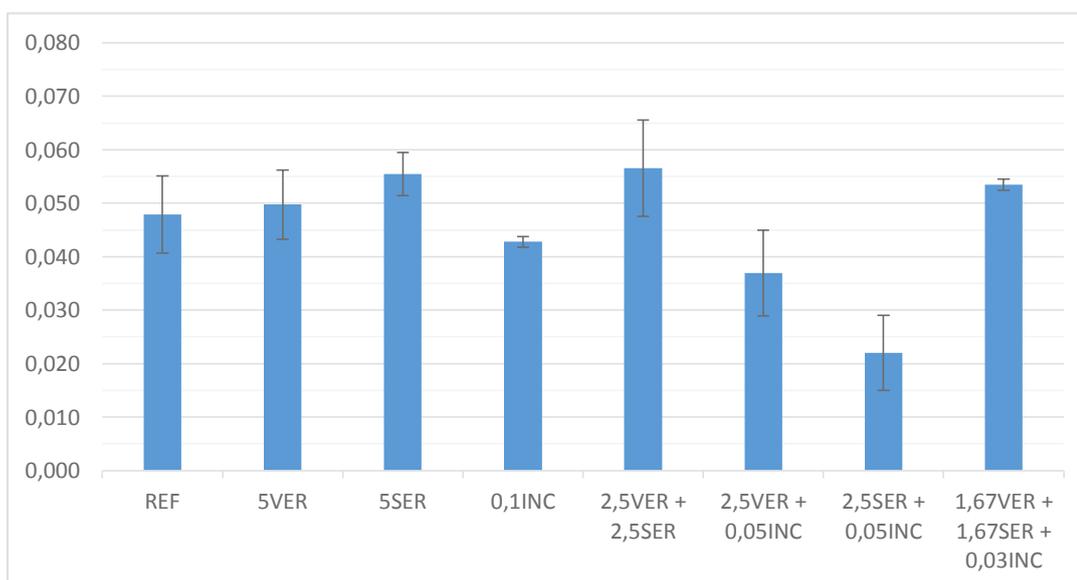
Nota-se que as formulações que continham serragem em maior quantidade (5SER e 2,5VER + 2,5SER), foram as mais afetadas pela retração. Aos 28 dias de cura essa tendência ainda é vista, porém, considerando o desvio-padrão, essa diferença é pequena.

**Figura 27** - Retração das argamassas com 14 dias de cura.

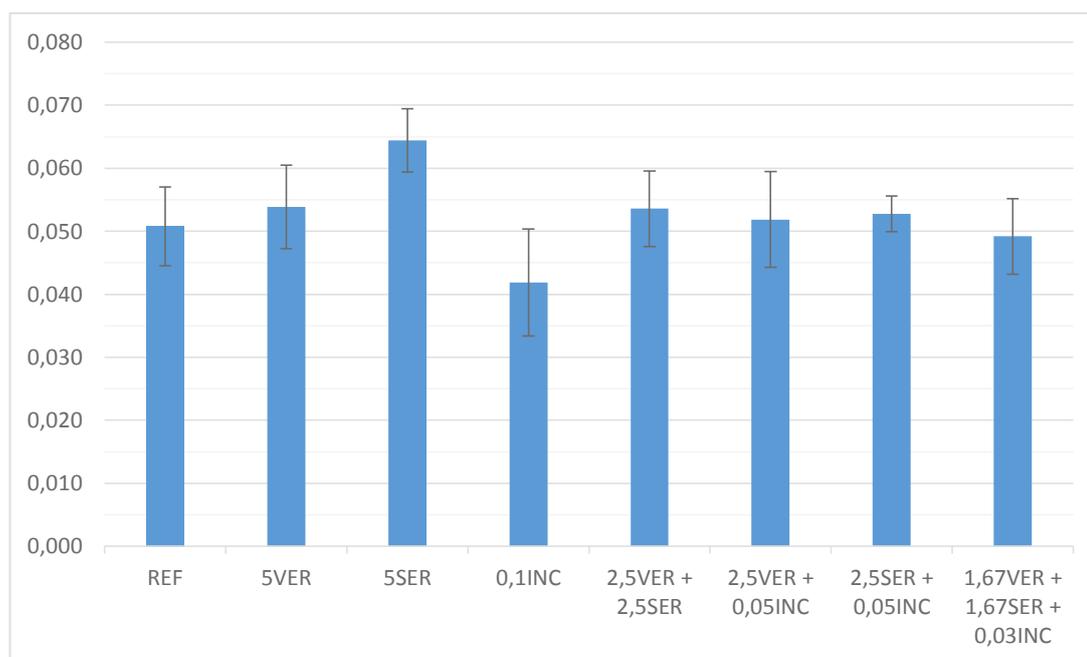


Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 28** - Retração das argamassas com 21 dias de cura.



Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 29** - Retração das argamassas com 28 dias de cura.

Fonte: AUTOR, 2015.

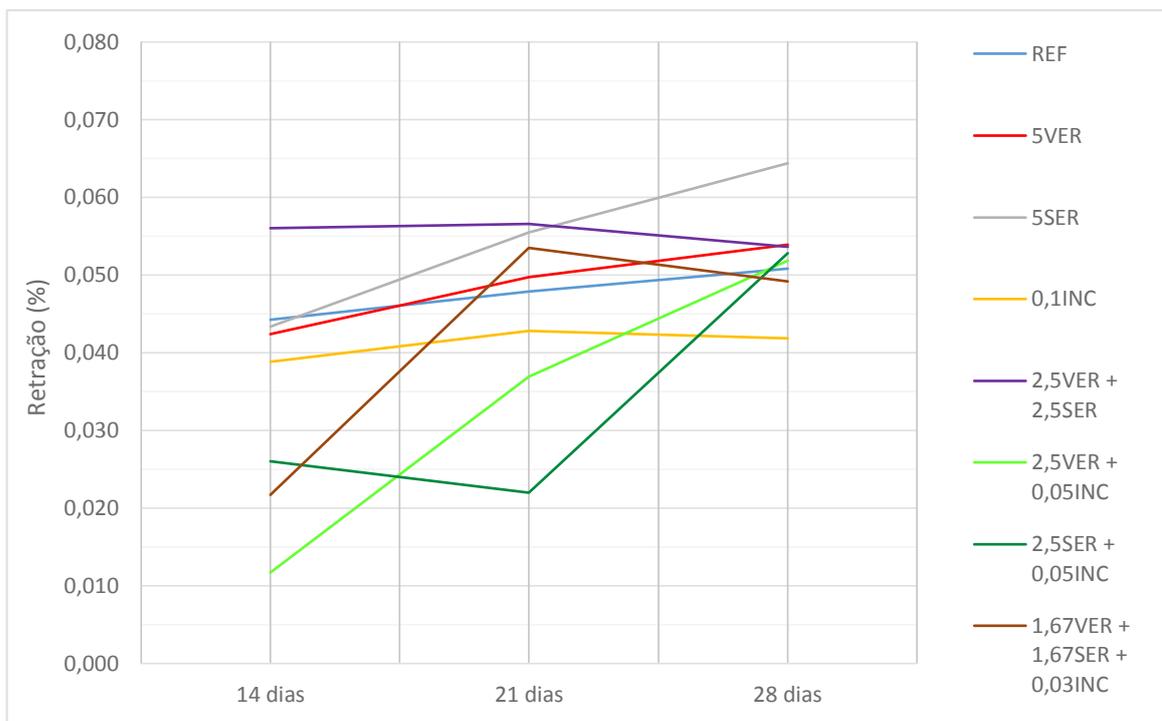
Em contrapartida, a formulação menos afetada pela retração aos 28 dias de cura foi a com aditivo incorporador de ar. O comportamento esperado dessa formulação foi então comprovado, visto que o aditivo incorpora microbolhas à argamassa, diminuindo assim sua suscetibilidade às deformações devido à, por exemplo, perda de água (CARASEK, 1997).

Na figura 30 é mostrado o comportamento das amostras durante os 28 dias de cura. As formulações foram medidas com 14, 21 e 28 dias de cura.

Através dos resultados foi possível verificar que a formulação que continha apenas serragem (5SER) sofreu grande influência da retração.

O clima durante os 28 dias do ensaio teve grande amplitude de temperatura e umidade, mostrando que as formulações com serragem têm a tendência de interagir mais com o ambiente, quando comparado às outras adições testadas.

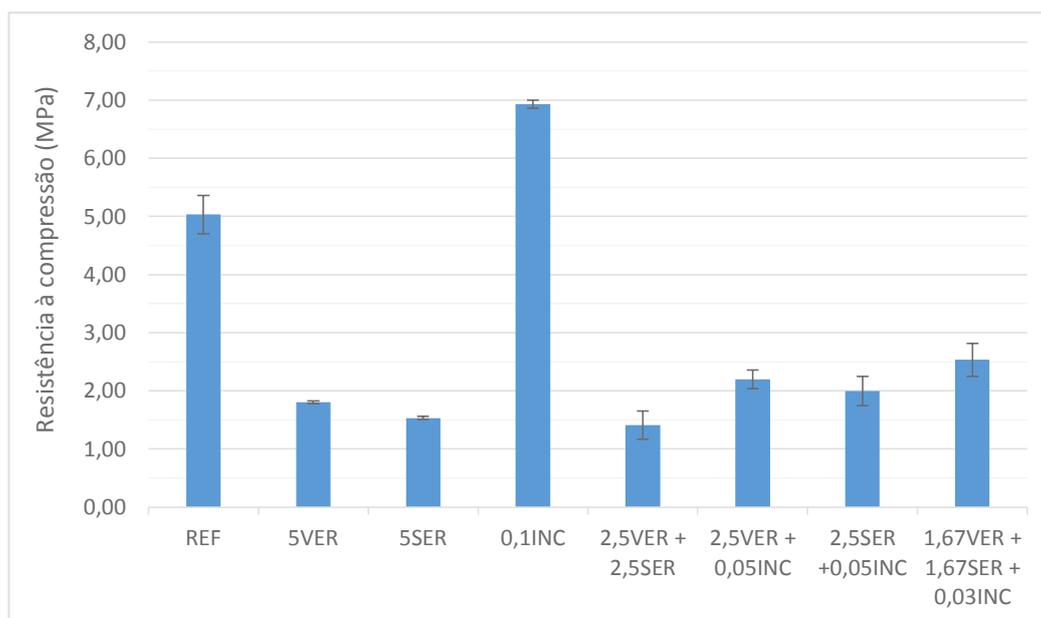
**Figura 30** - Comportamento da retração das argamassas até os 28 dias de cura.



Fonte: AUTOR, 2015.

#### 4.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

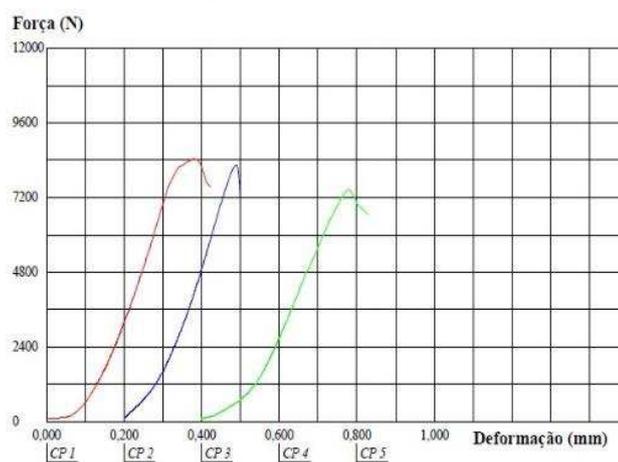
Os resultados do ensaio de resistência à compressão são apresentados na figura 31. Observou-se que as amostras com as adições individuais de vermiculita e serragem, as formulações binárias e também a com 3 adições, tiveram uma diminuição na sua resistência. Fato esse que pode estar ligado a porosidade interna das adições, e por elas ocuparem o espaço que seria preenchido pelo cimento, material responsável pelo ganho de resistência, e também pode estar ligado à quantidade de água adicionada nessas formulações, que ao evaporar, deixam vazios no local que ocupava, gerando a porosidade do material.

**Figura 31** - Resistência à compressão aos 28 dias de cura.

Fonte: AUTOR, 2015.

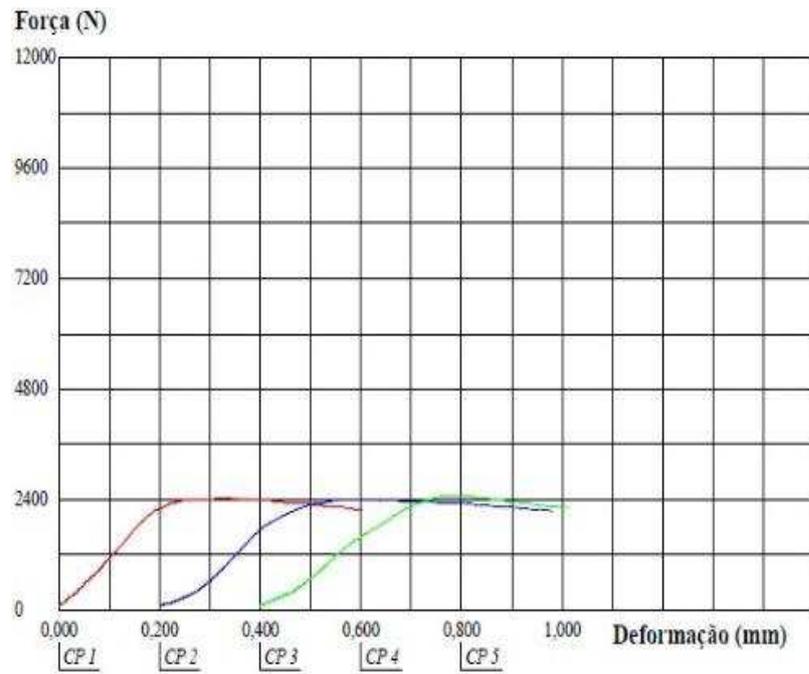
Outro fato importante de ser ressaltado, é que as formulações que continham serragem (F3, F5, F7 e F8), apresentaram comportamento semelhante ao encontrado normalmente em argamassas com presença de fibras. Ao atingir a resistência máxima, o corpo de prova não se rompeu imediatamente, e sim teve uma perda gradativa de resistência, até romper, conhecido como efeito “ponte”. Isso ocorreu pela serragem apresentar característica fibrosa, como já comentado no item 3.1.3.

Esse comportamento é mostrado nas figuras 32(b) a 32(e). A figura 32(a) mostra o comportamento apresentado pela formulação REF, para comparação.

**Figura 32** - (a) REF.

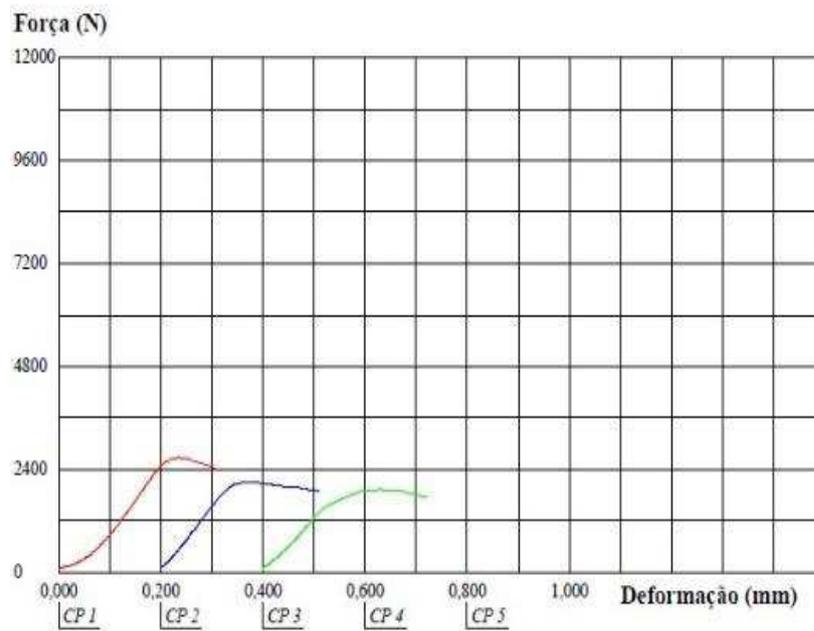
Fonte: AUTOR, 2015

**Figura 32 - (b) 5SER.**



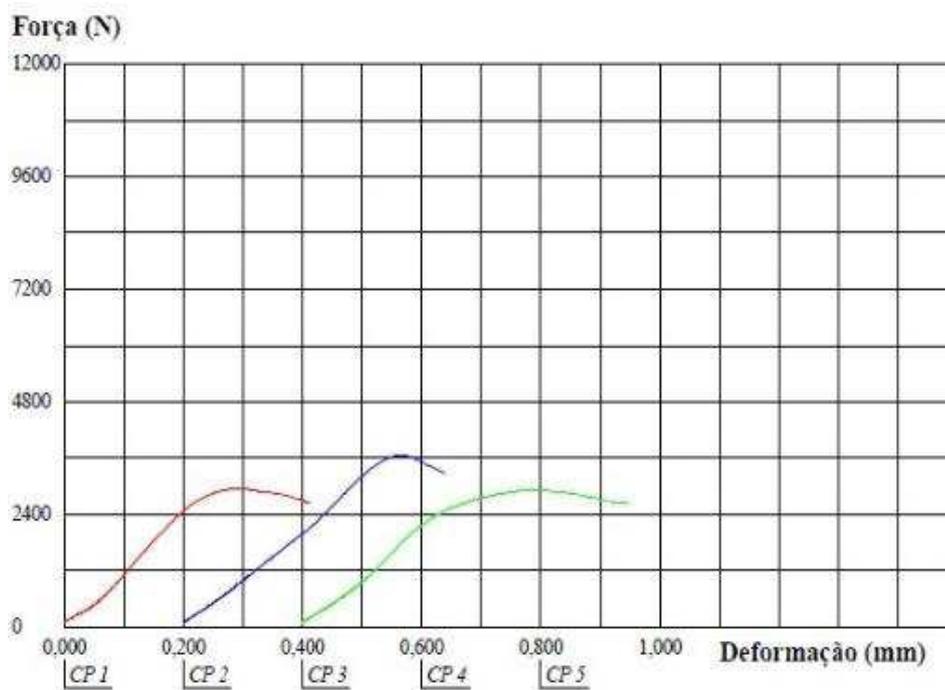
Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 32 - (c) 2,5VER + 2,5SER.**



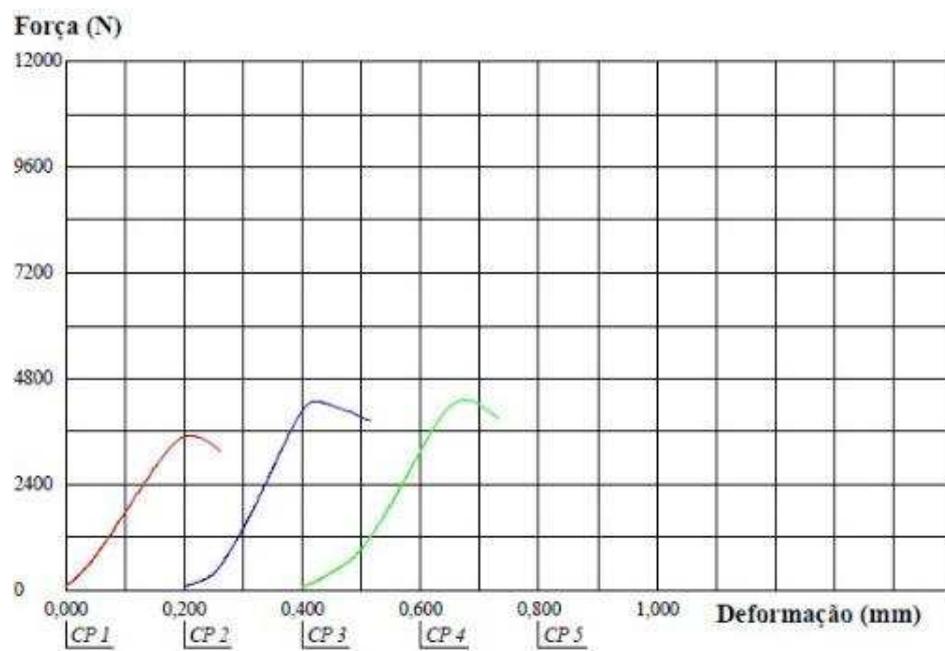
Fonte: AUTOR, 2015.

**Figura 32 - (d) 2,5SER + 0,05INC.**



Fonte: AUTOR, 2015

**Figura 32 - (e) 1,67VER + 1,67SER + 0,03INC.**



Fonte: AUTOR, 2015.

## 5 CONCLUSÕES

A incorporação de adições porosas às argamassas afetou suas propriedades físicas e mecânicas.

Em geral, as argamassas com as adições de vermiculita e serragem tiveram menores valores de densidade aparente, quando comparadas à formulação REF. Já os valores de absorção de água e porosidade aberta tenderam a ser maiores do que a referência. Nas formulações binárias e com três adições, observou-se que os valores das propriedades físicas variaram entre os extremos da formulação REF e das com apenas uma adição (5VER, 5SER e 0,1INC).

A argamassa com aditivo incorporador de ar (F4 - 0,1INC) apresentou valores das propriedades físicas (densidade aparente, porosidade aberta e absorção de água) similares à REF, o que em termos práticos significa que argamassas com essa porcentagem desse tipo de adição não gera ganhos significativos no que diz respeito à redução de peso de estruturas e benefícios como o controle térmico e de umidade de ambientes.

Em relação à retração, as formulações com vermiculita e serragem foram as mais afetadas. Suas formulações demandaram maiores quantidades de água para manter a mesma trabalhabilidade, fato esse que pode explicar a suscetibilidade à retração dessas argamassas. A formulação que mais foi afetada pela retração foi a com serragem, e a menos afetada foi a com adição de incorporador de ar, porém considerando os desvios-padrão, a variação foi pequena.

As adições porosas também influenciaram na resistência à compressão das argamassas. As formulações com vermiculita e serragem apresentaram uma diminuição considerável de resistência à compressão em relação à REF. Importante considerar também o efeito que a serragem causou na resistência, o chamado “efeito ponte”. Os corpos de prova ensaiados apresentaram deformações após serem solicitados à tensão máxima, característica normalmente encontrada em argamassas com presença de fibras.

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esse trabalho não explorou todos os comportamentos e propriedades encontradas nas argamassas. Dessa forma, sugere-se para trabalhos futuros:

- Estudo com outras porcentagens de vermiculita, serragem e aditivo incorporador de ar;
- Encontrar um teor ótimo de incorporador de ar a fim de obter melhores resultados nas propriedades físicas;
- Realizar estudos adicionando aditivos plastificantes às argamassas, buscando reduzir o teor de água adicionado nas misturas com as adições, a fim de avaliar possíveis ganhos de resistência à compressão e redução dos efeitos da retração;
- Obter a granulometria da serragem e testar essa adição com outras dimensões, de formato não-fibroso;
- Realizar ensaio de condutividade térmica, avaliando as propriedades termo isolantes das argamassas.

## REFERÊNCIAS

ALTIVO, F. **Cavaco de madeira para jardim**. Papagaios, 2015. Disponível em: <<http://www.altivofloresta.com/site/portfolio-item/cavaco-de-madeira-para-jardim/>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

ALVES, N. J. D.; Ó, S. W. do. **Revestimentos de argamassa: revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: s.e., s.d., 58 p. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002, 175p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Areia**. Cerqueira César, 2015. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/agregados/areia/>>. Acesso em: 19 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimento de Argamassas**. Rio de Janeiro, 2002. 104 p. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. 3 ed. Rio de Janeiro, 2009. 9 p. Disponível em: <[http://areiaovitoria.com.br/download/NBR\\_7211.pdf](http://areiaovitoria.com.br/download/NBR_7211.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento. Rio de Janeiro, 1982. 7 p. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/nbr-721482-areia-para-ensaio-de-cimento>>. Acesso em: 09 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987. 3 p. Disponível

em: <<http://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/721787-nm-248-determinao-da-composio-granulomtrica-de-agregados>>. Acesso em: 09 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento portland. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://pt.notices-pdf.com/nbr-11768-pdf.html#a0>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001. 3 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/202371815/NBR-13281-Argamassa-Para-Assentamento-e-Revestimento-de-Paredes-e-Tetos-2005#scribd>>. Acesso em: 03 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995. 8 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/161415918/NBR-13529-Revestimento-de-Paredes-E-Tetos-de-Argamassas-Inorganic-As#scribd>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

BATISTA, A. M. **A influência do tratamento em compósitos de cimento-madeira, Projeções**, v. 19/20, p. 1-3, Jan/Dez 2001/2002.

BAUER, E. **Dosagem de argamassas**. Relatório Técnico. Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, Junho, 2000.

CALHAU, E. L.; TRISTÃO, F. A. **Influência do teor de ar incorporado nas propriedades das argamassas mistas de revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3. 1999, Vitória. Simpósio. Vitória: Sbeb, 1999. p. 219 - 230. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/102-influencia-do-teor-de-ar-incorporado-nas-propriedades-das-argamassas-mistas-de-revestimento>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

CARASEK, H. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas**. In: SBTA - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2, 1997, Salvador. Simpósio. Salvador: Ceped, 1997. p. 133 - 146. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/53-fatores-que-exercem-influencia-na-resistencia-de-aderencia-de-argamassas>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

CHANDRA, S.; BERNTSSON, L. **Lightweight aggregate concrete: science, technology, and applications**. Noyes Publications William Andrew, Norwich (2002).

- CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.
- DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural**. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2004. Cap. 5. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000356950>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- GBC BRASIL. Green Building Council Brasil, s.d. **Apresenta informações sobre a certificação LEED e outras esferas de atuação da entidade**. Disponível em: <[www.gbcbrazil.org.br](http://www.gbcbrazil.org.br)>. Acesso em: 02 jun. 2015.
- GONÇALVES, H. et al. **Development of porogene-containing mortars for levelling the indoor ambient moisture**. *Ceramics International*, Portugal, v. 40, p.15489-15495, 17 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884214010438>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- GONÇALVES, H. et al. **The influence of porogene additives on the properties of mortars used to control the ambient moisture**. *Energy And Buildings*, Portugal, v. 74, p.61-68, 02 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814000541>>. Acesso em: 04 abr. 2015.
- GRAM, H. E.; NIMITYONGSKUL, P. **Durability of natural fibres in cement based roofing sheets**. *Swedish Cement&Concrete Research Inst., Sweden - Journal of Ferrocement*, v. 17, n. 4, PP. 321, 1987
- GRANDI, L. A. C. **Placas pré-moldadas de argamassa de cimento e pó de serra**. 128f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995
- HEINRICKS, H. et al. **Global review of technologies and markets for building materials**. In: INTERNATIONAL INORGANIC-BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE MATERIALS CONF, 7. 2000, Moscow. Proceedings. Idaho: Moslemi, 2000. p. 56 - 67.
- HERMANN, A.; ROCHA, J. P. de A. **Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de**

**aplicação do chapisco**. 2013. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/847/1/PB\\_COECI\\_2012\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/847/1/PB_COECI_2012_2_01.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2015.

GRUPO SUZANO (São Paulo). **Mitos e Verdade sobre o Eucalipto - Parte II**. 2012. Disponível em: <<http://www.suzanoblog.com.br/mitos-e-verdades-sobre-o-eucalipto-parte-ii/>>. Acesso em: 09 set. 2015.

GUIA DE CONSTRUÇÃO PINI. s.d. Disponível em: <<http://guiadaconstrucao.pini.com.br/upload/application/7974881f-c1ac-40b2-94d0-44cd65b7ce78.doc>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

HANNANT, D. J.. **Fibre cements and fibre concretes**. Toronto: H. P. Frank, 1978. Disponível em: <<http://strike121.tbrusselshr.com/much/f/fibre-cements-and-fibre-concretes-smcuucl.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

LIMA, L. **Cidades sustentáveis reduzem impactos ambientais**. ICMBio, 2014. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/20-geral/6670-cidades-sustentaveis-reduzem-impactos-ambientais.html>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

KELES, J. G. **Investigação da resistência ao fogo de uma argamassa aditivada com fibras vegetais**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Redemat, Ouro Preto, 2011. Cap. 2. Disponível em: <<http://www.redemat.ufop.br/arquivos/dissertacoes/2011/InvestigacaoResistencia.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2015.

MACHADO, F. B. **Filossilicatos: vermiculita**. Unesp, s.d. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/filossilicatos/vermiculita.html>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

MADEPINHO, C. **Maravalha**. Guarapuava, s.d. Disponível em: <<http://www.carvaomadepinho.com.br/?p=32>>. Acesso em 05 jun. 2015.

MARTIN, J. F. M. **Aditivos para concreto**. In: G. J. Isaia (ed) Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. pp.381- 406, vol.1. São Paulo: IBRACON, 2005.

MATEC, A. **Briquetes**. Cruzeiro, 2015. Disponível em: <<http://matec-acessorios.com.br/produtos/>>. Acesso em 06 jun. 2015.

MEIRELLES, S. **Seminário de solos apresenta dados sobre manejo e nutrição em Pinus taeda**. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://www.ufpr.br/portalfufr/blog/noticias/seminario-de-solos-apresenta-dados-sobre-manejo-e-nutricao-em-pinus-taeda/>>. Acesso em 10 jun. 2015.

MONTE, R.; UEMOTO, K. L.; SELMO, S. M. S.. **Qualificação de aditivos incorporadores de ar para argamassas de assentamento e revestimentos**. In: SBTA - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. Simpósio. São Paulo: Antac, 2003. p. 181 - 194. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/187-qualificacao-de-aditivos-incorporadores-de-ar-para-argamassas-de-assentamento-e-de-revestimento>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

MORAES, M. **Argamassas de revestimento e assentamento**. PUC - GO, s.d. Disponível em <<http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/argamassas-de-revestimento-material-auxiliar>>. Acesso em 10 jun. 2015.

NATHANSON, T. Minister of Supply Services Canada. **Indoor air quality in office buildings, a report of the federal–provincial advisory committee on environmental and occupational health**. Ottawa, 1995. 56 p.

NUNES, B. **Vermiculita expandida**, NTC Brasil, s.d. Disponível em: <<https://www.ntcbrasil.com.br/outros/vermiculita-expandida/>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

OLIVEIRA, M. P. de. **Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (Etileno Acetato de Vinila) e Vermiculita: otimização de misturas e propriedades termomecânicas**. 2009. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. Cap. 2. Disponível em: <[http://bdtb.biblioteca.ufpb.br/tde\\_arquivos/20/TDE-2010-10-11T150724Z-684/Publico/parte1.pdf](http://bdtb.biblioteca.ufpb.br/tde_arquivos/20/TDE-2010-10-11T150724Z-684/Publico/parte1.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2015.

RESENDE, P. S. de O. **Efeito do ar incorporado em argamassas de revestimentos**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/1330>>. Acesso em: 19 jun. 2015.

ROMAN, H. R. **Revestimentos de Argamassa**. Florianópolis, 2014. 19 slides, color. Disponível em: <<http://www.npc.ufsc.br/gda/humberto/09.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

RUIZ, A. G. **Eficiência energética na construção civil**. 2014. Engenho Editora Técnica. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/7653-eficiencia-energetica-na-construcao-civil>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária**. São Paulo. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000183&pid=S1678-8621201200040000600033&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000183&pid=S1678-8621201200040000600033&lng=pt)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

SAVASTANO JR., H.; LUZ, P.H.C.; NOLASCO, A.M. **Seleção de resíduos de alguns tipos de fibra vegetal, para reforço de componentes de construção**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., Canela, 1997. Anais. Porto Alegre, Antac, 1997.p.107-120. Disponível em: <[http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/1997/1997\\_artigo\\_43.pdf](http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/1997/1997_artigo_43.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2015.

SAVASTANO JÚNIOR, H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <[http://www.usp.br/constrambi/producao\\_arquivos/materiais\\_a\\_base\\_de\\_cimento.pdf](http://www.usp.br/constrambi/producao_arquivos/materiais_a_base_de_cimento.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

SEFFF, L.; HOTZA, D.; LABRINCHA, J. A.. **Effect of Lightweight Aggregates Addition on the Rheological Properties and the Hardened State of Mortars**. Applied Rheology, S.e., v. 21, p.1-8, 26 nov. 2010.

SILVA, N. G. da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Cap. 2. Disponível em: <<http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0070.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2015.

STANCATO, A. C. **Determinação da condutividade térmica e da resistência mecânica em argamassa leve**. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. Cap. 6. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000212311>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

SWAMY, R.N. - **Vegetable fibre reinforced cement composites: a false dream or a potential reality?**, Proceedings of the Second International Symposium sponsored by RILEM 7 , Salvador, Bahia, , pp 3-8 , 1990.

UGARTE, J. F. O, MONTE, M. B. M. **Estudo da vermiculita como adsorvente de óleo e metal pesado**. Série Tecnológica Ambiental, CETEM/MCT, 2005. Disponível em: < <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2006-029-00.pdf>>. Acesso em 06 jun. 2015.

VIEIRA, J. et al. **Functionalization of mortars for controlling the indoor ambient of buildings**. Energy And Buildings, Portugal, v. 70, p.224-236, 18 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813007718>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

WEI, Y. M.; TOMITA, B. **Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards**. Journal Of Wood Science, [s.l.], v. 47, n. 6, p.437-444, dez. 2001. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/bf00767895. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF00767895#page-1>>. Acesso em: 10 jun. 2015.