



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

CÍNTIA ANDRADE COSTA FONSÊCA

SÍNTESE DA CARBOXIMETILCELULOSE A PARTIR DE CELULOSE SOLÚVEL

MOSSORÓ/RN

2020

CÍNTIA ANDRADE COSTA FONSÊCA

SÍNTESE DA CARBOXIMETILCELULOSE A PARTIR DE CELULOSE SOLÚVEL

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Química.

Orientador: Prof^a. Dra. Kalyanne Keyly Pereira Gomes

MOSSORÓ/RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Ff474 Fonsêca , Cíntia Andrade Costa .
s Síntese da carboximetilcelulose a partir de
 celulose solúvel / Cíntia Andrade Costa Fonsêca
 . - 2020.
 55 f. : il.

 Orientador: Prof^a. Dra. Kalyanne Keyly Pereira
 Gomes Gomes.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
 Curso ou Programa--, 2020.

 1. carboximetilcelulose. 2. celulose solúvel.
 3. argamassa colante. I. Gomes, Prof^a. Dra.
 Kalyanne Keyly Pereira Gomes, orient. II. Título.

CÍNTIA ANDRADE COSTA FONSÊCA

SÍNTESE DA CARBOXIMETILCELULOSE A PARTIR DE CELULOSE SOLÚVEL

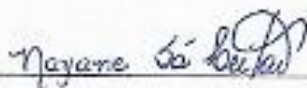
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Química.

Defendida em: 07 / 02 / 2020.

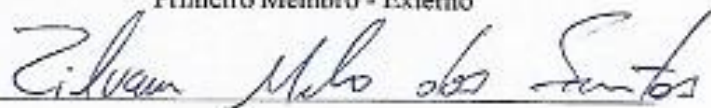
BANCA EXAMINADORA



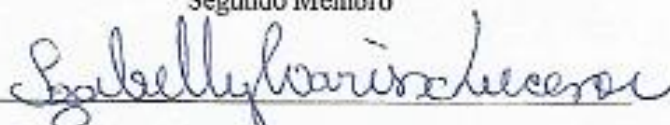
Profª. Dra. Kalyanne Keyly Pereira Gomes - UFERSA
Presidente



Engª. Nayane Carla Márcia Cavalcanti de Sá Leitão - BQMIL
Primeiro Membro - Externo



Prof. Dr. Zilvam Melo dos Santos - UFERSA
Segundo Membro



Profª. Dra. Izabelly Larissa Lucena - UFERSA
Terceiro Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela luz e por não me permitir desistir mesmo com muitas dificuldades, persistindo e perseverando sempre.

Agradeço a meus pais e minha família pelo apoio, força, suporte e incentivo durante toda a jornada.

Agradeço a Valécio Duarte, e amigos como Davi Diego, Jadson Lucas, Maria Eduarda, Jéssyca Carla e Maria do Céu, que foram pessoas essenciais na caminhada. Agradeço pelo companheirismo, ajuda, tempo, dedicação, companhia, força, apoio, compartilhamento de explicações, estudos, dúvidas, incertezas.

Agradeço a minha supervisora engenheira química Nayane de Sá Leitão pelos ensinamentos, orientação, apoio incentivo e confiança durante o estágio e no desenvolvimento da pesquisa para o Relatório de estágio. Agradeço também a Sávio, colega de trabalho que compartilhou sua experiência e conhecimento durante o período de estágio.

Agradeço a empresa BQMIL pela oportunidade, pela experiência e conhecimentos compartilhados por todos os colaboradores e companheiros de trabalho. Dentre eles, agradecer a Larissa Rayane pelo acompanhamento no estágio durante alguns meses.

Agradeço a professora Dr^a Kalyanne Gomes pela orientação e atenção durante a construção desse trabalho.

Agradeço a todos os professores do curso, que foram essenciais para orientação, compreensão e aprendizado das disciplinas. Pela disponibilidade e atenção de atender dentro e fora de sala de aula, permitindo uma formação íntegra e digna.

Agradeço também aos professores Dr^o Zilvam Melo e Dr^a Izabelly Lucena, orientadores do Projeto de Pesquisa que participei durante todo o curso, agregou muito conhecimento e proporcionou diversos frutos.

Agradeço a Banca Examinadora pela disponibilidade e atenção.

Agradeço a todos que fizeram parte da história, que estiveram presentes em algum momento ou de alguma forma, obrigada por acreditarem em mim, por ajudarem, incentivarem, apoiarem e sonharem junto comigo.

*"Só se vê bem com o coração. O essencial
é invisível aos olhos".*

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Esse trabalho visa sintetizar a carboximetilcelulose (CMC), um tipo de éter de celulose, a partir da celulose solúvel e avaliar sua aplicação em argamassa colante. A celulose solúvel é um polímero natural bastante empregado como matéria-prima em inúmeros processos industriais. A celulose é considerada o polissacarídeo mais abundante, renovável e biodegradável encontrado na natureza. Dentre os derivados de celulose, destaca-se os éteres de celulose que apresentam grande disponibilidade e diversas aplicações. Um tipo de éter de celulose que se destaca devido sua produção e propriedades é a carboximetilcelulose. A CMC é aplicada em diversos campos, entre eles na construção civil, ramo com tendência de crescimento. Os éteres de celulose têm sido muito utilizados como aditivos em argamassas colantes, por promoverem uma melhora na trabalhabilidade da argamassa fresca, na capacidade de retenção de água, adesão e viscosidade. Tendo em vista as propriedades vantajosas da CMC e o custo do celulósico na formulação de argamassas ser o mais oneroso, a produção do próprio celulósico pela empresa Brasil Química e Mineração Ltda (BQMIL) reduziria o custo das argamassas e ainda representaria mais uma possibilidade de produto para comercialização pela empresa. A síntese da CMC foi feita por dois métodos baseando-se na metodologia descrita em Lima (2016). Após isso, aplicou-se as carboximetilceluloses produzidas em argamassa colante, obtendo três tipos diferentes de formulações. A partir do ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time), notou-se que a argamassa colante de formulação F2.30 apresentou melhor resultado, com um excelente Tempo em aberto (Quick Open Time), conferindo maior retenção de água e trabalhabilidade a argamassa colante.

Palavras-chave: carboximetilcelulose; celulose solúvel; argamassa colante.

ABSTRACT

This work aims to synthesize carboxymethylcellulose (CMC), a type of cellulose ether, from soluble cellulose and evaluates its application in adhesive mortar. Soluble cellulose is a natural polymer widely used as a raw material in numerous industrial processes. Cellulose is considered the most abundant, renewable and biodegradable polysaccharide found in nature. Among cellulose derivatives, cellulose ethers that have great availability and several applications stands out. One type of cellulose ether that stands out due to its production and properties is carboxymethylcellulose. CMC is applied in several fields, including civil construction, a growing trend. Cellulose ethers have been widely used as additives in adhesive mortars, as they promote an improvement in the workability of fresh mortar, water retention capacity, adhesion and viscosity. In view of the advantageous properties of CMC and the cost of cellulose in the formulation of mortars be the most expensive, the production of cellulosic itself by the company Brasil Química e Mineração Ltda (BQMIL) would reduce the cost of adhesive mortars and represent yet another product possibility for sale by the company. The synthesis of CMC was carried out by two methods based on the methodology described in Lima, (2016). After that, the carboxymethylcelluloses produced was applied in adhesive mortar, obtaining three different types of formulations. From the Open time (Quick Open Time) test, it was noted that the adhesive mortar of formulation F2.30 presented the best result, with an excellent Open Time (Quick Open Time).

Keywords: carboxymethylcellulose; soluble cellulose; adhesive mortar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura polimérica da celulose.....	15
Figura 2 - Demanda global de celulose solúvel em milhões de toneladas	16
Figura 3 - Cadeia de valor da celulose solúvel	17
Figura 4 - Produtividade das florestas	18
Figura 5 - Mercado global de celulose solúvel e éteres de celulose.....	22
Figura 6 - Mercado global de éteres de celulose, por aplicação.....	22
Figura 7 - Estrutura da hidroxietilcelulose (HEC).....	23
Figura 8 - Estrutura da metilcelulose (MC).....	24
Figura 9 - Reação de carboximetilação da celulose	25
Figura 10 - Papel cartão de celulose solúvel	35
Figura 11 - Plaina para desfibrar o papel cartão de celulose solúvel	36
Figura 12 - Celulose solúvel desfibrada	36
Figura 13 - Fluxograma de Síntese da carboximetilcelulose (CMC)	37
Figura 14 - Primeira etapa da Síntese da CMC	38
Figura 15 - Resultado da Primeira etapa da Síntese da CMC	38
Figura 16 - Segunda etapa da Síntese da CMC	39
Figura 17 - Neutralização do meio reacional.....	39
Figura 18 - Fluxograma de Síntese da carboximetilcelulose (CMC)	40
Figura 19 - Procedimento do ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time)	43
Figura 20 - Resultado da Síntese da CMC pelo Método 1	45
Figura 21 - Resultado da Síntese da CMC pelo Método 2	45
Figura 22 - Carboximetilcelulose (CMC) após peneiramento para aplicação.....	46
Figura 23 - Tempo em aberto da argamassa ACII padrão da BQMIL	46
Figura 24 - Tempo em aberto da argamassa colante F1.30	47
Figura 25 - Tempo em aberto da argamassa colante F1.100	48
Figura 26 - Tempo em aberto da argamassa colante F2.30	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tendência mundial de crescimento das áreas a jusante dos éteres de celulose.....	27
Quadro 2 - Reagentes utilizados e seus respectivos fabricantes.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Argamassa Colante
BQMIL	Brasil Química e Mineração Industrial Ltda.
CMC	Carboximetilcelulose
EC	Etilcelulose
HEC	Hidroxietilcelulose
HEMC	Hidroxietilcelulose
HPMC	Hidroxipropilmetilcelulose
MC	Metilcelulose

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Celulose	15
2.2. Celulose solúvel	16
2.1.1. Viscose.....	19
2.2.2. Acetatos.....	20
2.2.3. Nitrocelulose.....	21
2.2.4. Éteres de celulose	21
2.2.4.1. Hidroxiethylcelulose (HEC).....	23
2.2.4.2. Metilcelulose (MC)	24
2.2.4.3. Carboximetilcelulose (CMC).....	25
2.3. Carboximetilcelulose em argamassas.....	27
2.3.1. Aditivos para argamassas	29
2.3.2. Propriedades da argamassa	30
2.3.2.1. Trabalhabilidade	30
2.3.2.2. Retenção de água.....	31
2.4. Brasil Química e Mineração Industrial Ltda.	32
3. METODOLOGIA	33
3.1. Materiais	33
3.2. Equipamentos utilizados	34
3.3. Preparação da celulose solúvel	35
3.4. Síntese da carboximetilcelulose (CMC)	36
3.4.1. Método 1	36
3.4.2. Método 2	40
3.5. Aplicação da carboximetilcelulose em argamassas.....	41

3.6. Tempo em aberto (Quick Open Time)	41
4. RESULTADOS.....	44
4.1. Síntese da carboximetilcelulose	44
4.2. Aplicação da carboximetilcelulose em argamassas.....	45
4.3. Tempo em aberto (Quick Open Time)	46
5. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

A celulose, por ser uma das fontes renováveis e não fósseis mais abundantes tem despertado crescente interesse nos campos acadêmico e industrial (MARSON, 1999). A celulose é um polímero de cadeia longa, classificado como polissacarídeo ou carboidrato e considerado o polissacarídeo mais abundante, renovável e biodegradável encontrado na natureza. Em termos de massa, ela é um dos principais constituintes das paredes celulares das plantas, correspondendo a aproximadamente um terço da massa total (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010; VIEIRA, 2012). A celulose é insolúvel em água e possui uma estrutura rígida, o que pode ser modificado por meio de reações de derivatização química, tornando-se uma matéria-prima bastante útil (LIMA, 2016).

A celulose solúvel é um polímero natural amplamente empregado como matéria-prima em inúmeros processos industriais. Ela é obtida de forma similar à celulose comum destinada à produção de papel, a diferença está no grau de pureza, pois a celulose solúvel tem um teor mais alto de alfacelulose (celulose alto-alfa). O Brasil está entre os 5 principais países produtores globais de celulose solúvel, porém o mercado local ainda é pouco desenvolvido. Em 2012, foram produzidas 466 mil toneladas no país (cerca de 8% do consumo global), das quais 398 mil toneladas foram destinadas à exportação, principalmente para a China (238 mil toneladas) (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Como o nome indica, a celulose solúvel é miscível em vários químicos, assim ela é dissolvida para a produção de derivados de celulose, que são utilizados em uma diversidade de produtos. Dependendo do produto final desejado, pode-se aplicar processos diferentes à celulose solúvel, como eterificação, acetilação, xantação, nitração (VIDAL, 2013).

Assim, obtêm-se principalmente os seguintes derivados de celulose: éteres de celulose, acetatos de celulose, viscose, nitrocelulose. Dentre esses, destaca-se os éteres de celulose, que competem com uma série de produtos, pois oferecem um desempenho eficaz a um baixo custo, apresentam grande disponibilidade, diversas aplicações, são biodegradáveis, uma matéria-prima renovável, uma alternativa ecológica aos polímeros petroquímicos e reduzem a poluição. Alguns dos seus principais tipos são: carboximetilcelulose (CMC), metilcelulose (MC), hidroxietilcelulose (HEC), que apresentam muitas aplicabilidades (VIDAL, 2013; VIEIRA et al., 2005).

As argamassas colantes industrializadas estão sendo muito utilizadas pelas vantagens que apresentam, e pela crescente demanda por revestimentos cerâmicos. Os éteres de celulose têm sido muito empregados como aditivos na produção de argamassas, devido às propriedades apresentadas pelas suas soluções aquosas. Eles ajudam a melhorar a trabalhabilidade da argamassa fresca, gerando sistemas com alta viscosidade, boa capacidade de retenção de água e adesão (KHAYAT, 1998; POURCHEZ et al., 2006; SILVA; MONTEIRO, 2006; KNAPEN; GEMERT, 2009; BENTZ et al., 2018; VIEIRA, 2009).

Nesse estudo destaca-se a carboximetilcelulose, um éter de celulose com aplicação na área de construção civil, que devido suas propriedades vantajosas para argamassas, como retenção de água, agente reológico, promotor de adesão, antissedimentante, modificador de viscosidade, podem ser aplicados a argamassas colantes. Além disso, possui alto valor agregado, constituindo-se no insumo mais caro de uma formulação de argamassa, sendo um produto importado e sujeito às flutuações cambiais, além de ter grande mercado consumidor devido sua ampla gama de aplicações (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Tendo isso em vista, desenvolver o éter de celulose, em especial a carboximetilcelulose, se apresenta como uma boa alternativa para a empresa Brasil Química e Mineração Industrial Ltda (BQMIL), que possui como principal produto a argamassa. Dessa forma, a produção do próprio celulósico reduziria o custo das argamassas, em especial as argamassas de assentamento, visto que ele é o insumo mais oneroso da formulação. E ainda representaria mais uma possibilidade de produto para comercialização pela empresa.

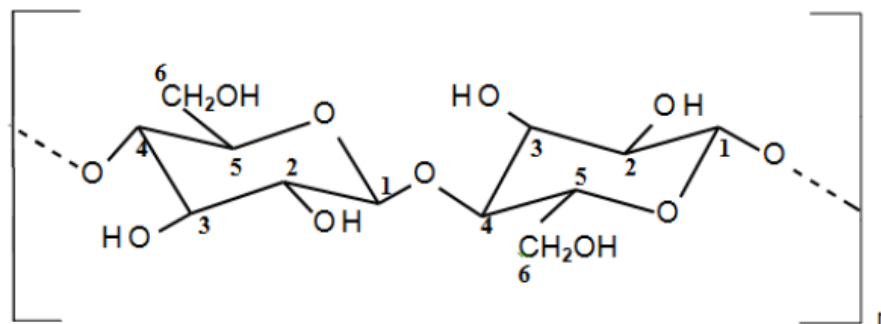
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse tópico são abordados assuntos como a celulose, celulose solúvel, derivados da celulose, principalmente os éteres de celulose, em especial as características da carboximetilcelulose e seu uso em argamassas.

2.1. Celulose

A celulose é considerada um dos polímeros orgânicos mais abundantes, e uma fonte de matéria-prima inesgotável, renovável e biodegradável, podendo ser aplicada para obtenção de produtos seguros e biocompatíveis. Ela constitui entre 40 e 50% de quase todas as plantas e representa cerca de $1,5 \times 10^2$ toneladas da produção total anual de biomassa. A celulose é um polímero linear constituído de subunidades de glicose unidas por ligações glicosídicas -1,4, como mostrado na **Figura 1** (VIEIRA, 2012).

Figura 1 - Estrutura polimérica da celulose



Fonte: CRUZ (2011).

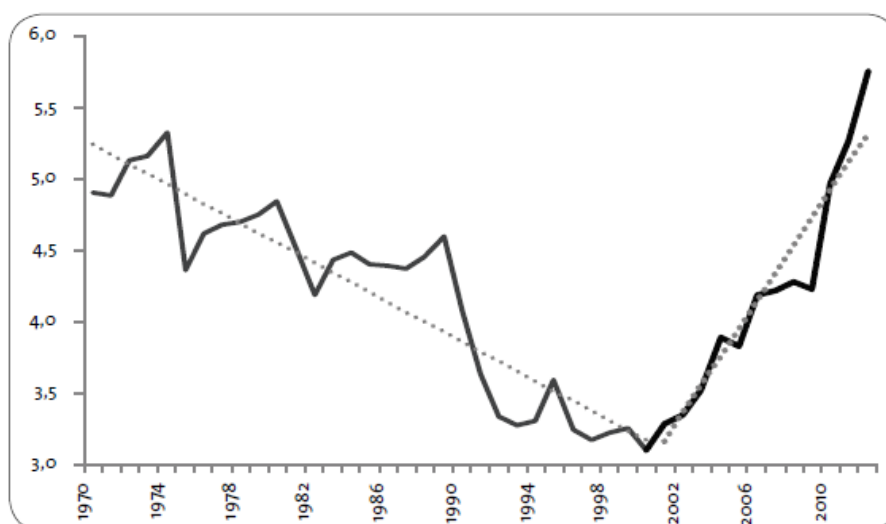
A celulose tem propriedades como baixa densidade, boas propriedades mecânicas, biodegradabilidade, considerável grau de cristalinidade, insolubilidade em água e estrutura rígida que pode ser alterada pela introdução de grupos funcionais na sua cadeia a partir de reações de derivatização química (ARAÚJO; WALDMAN; PAOLI, 2008). A celulose é insolúvel em solventes orgânicos comuns e em água devido à formação de uma variedade de ligações fortes de hidrogênio inter e intra-moleculares (BONO et al., 2009). Assim, para dissolver a celulose, a rede de ligações de hidrogênio existente deve ser quebrada (LIMA, 2016).

Os derivados de celulose apresentam diversas aplicações na indústria, como espessantes na indústria alimentícia, matriz para liberação controlada de fármacos da indústria farmacêutica, além de serem utilizados para produção de géis hidrofílicos nas indústrias farmacêutica e de cosméticos (LIMA, 2016). Na construção civil destaca-se como retentor de água em argamassas, espessante reológico em lamas de perfuração, e modificador reológico em indústrias de tintas (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

2.2. Celulose solúvel

A celulose é um dos polímeros mais abundantes do planeta. A maior parte da sua produção no mundo, aproximadamente 97%, é empregada na indústria de papel, e somente uma pequena fração, denominada celulose solúvel ou celulose para dissolução, com maior grau de pureza, é utilizada na fabricação de produtos diversos. A celulose solúvel desde a década de 1970 até o início da década de 2000 era considerada um mercado em declínio, porém de 2000 a 2012, o Compounded Annual Growth Rate da demanda global foi de 5,3%, desempenho superior ao da celulose destinada à fabricação de papéis (VIDAL, 2013). Na **Figura 2** pode-se visualizar a demanda global de celulose solúvel no decorrer dos anos, tanto o declínio quanto o crescimento.

Figura 2 - Demanda global de celulose solúvel em milhões de toneladas

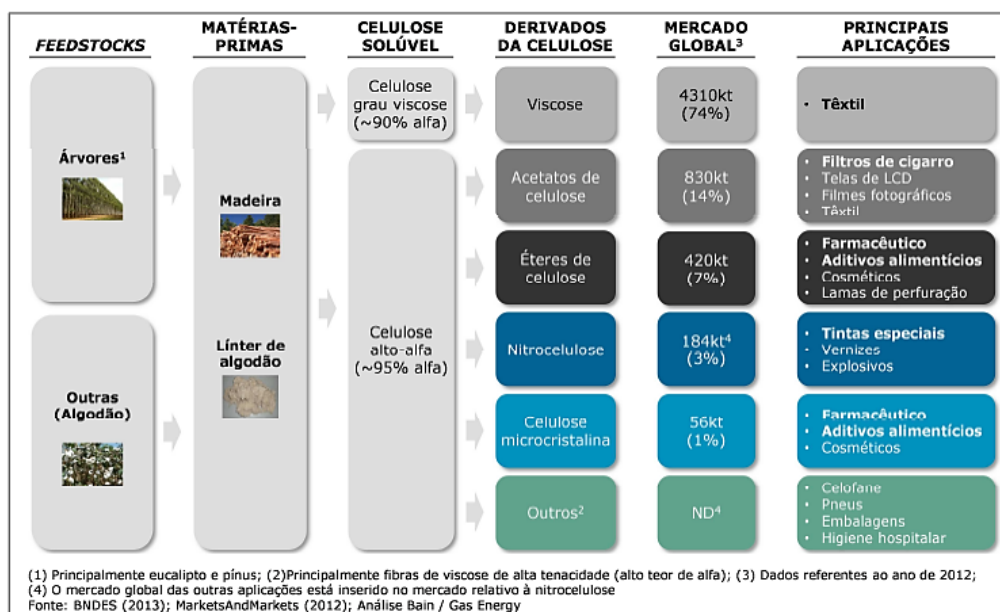


Fonte: VIDAL (2013).

A celulose solúvel é um polímero, obtido de forma similar à celulose comum, a principal diferença está no teor mais alto de alfacelulose, que pode atingir até 98%, já a celulose para produção de papel apresenta normalmente 87%. E para obtenção de um maior teor de alfacelulose, necessita-se diminuir o rendimento industrial na produção, logo consome-se maior quantidade de madeira para uma mesma quantidade de celulose produzida. Assim, os produtos derivados da celulose de alta pureza possuem maior valor no mercado (VIDAL, 2013).

A celulose solúvel é produzida a partir da madeira ou do línter de algodão, que pode ser de dois tipos: viscose ou padrão (commodity), com teor de alfacelulose entre 90% e 92%; e alto-alfa, que possui teor de alfacelulose entre 93% e 98%. A pureza da celulose solúvel é medida pela concentração de alfa-celulose na pasta de celulose (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014). A principal aplicação da celulose solúvel do tipo viscose consiste em fibras têxteis celulósicas, como também na fabricação de celofane e alguns tipos de celulose microcristalina. E a celulose solúvel do tipo alto-alfa é mais aplicada para acetatos, éteres, nitrocelulose (VIDAL, 2013). Na **Figura 3** abaixo pode-se visualizar a Cadeia de valor da celulose solúvel, com suas principais matérias-primas, divisão de tipos, seus derivados e principais aplicações.

Figura 3 - Cadeia de valor da celulose solúvel



Fonte: BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2014).

A principal matéria-prima da celulose solúvel é a madeira, que representa aproximadamente 50% do custo variável, seguida de químicos, mão de obra, energia e outros

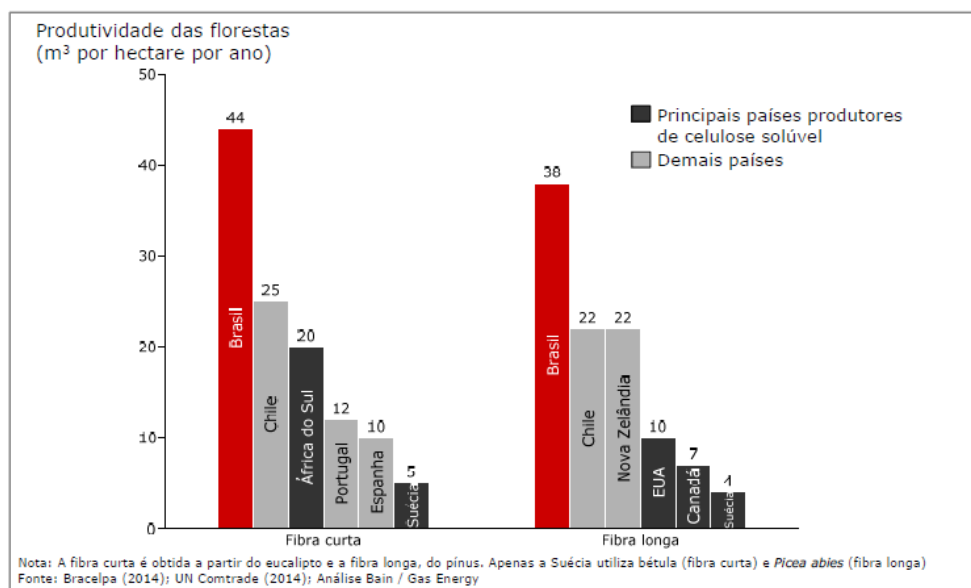
(BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Os químicos utilizados no processo produtivo da celulose solúvel são sais de ácidos sulfurosos e soda cáustica, produtos importados pelo Brasil. Segundo especialista da indústria, são *commodities* bastante disponíveis no mercado global e de fácil obtenção, de modo que sua importação não compromete a competitividade local (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Em relação às matérias-primas, a celulose solúvel pode ser produzida a partir de madeira folhosa, como eucalipto ou conífera, como o pinus e também por meio de outros vegetais (*nowood*), como citado anteriormente os línteres de algodão. Para a celulose voltada à produção de papel, o comprimento das fibras é a principal característica da polpa, já a celulose solúvel se preocupa com as propriedades moleculares (VIDAL, 2013).

O Brasil possui ampla vantagem competitiva na produção de madeira em decorrência da disponibilidade de terras cultiváveis e do clima, que favorecem a maior produtividade local, como pode-se ver na **Figura 4**. Existem madeiras de fibras curtas e longas, e a produtividade das florestas brasileiras é superior à dos demais países em ambas (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Figura 4 - Produtividade das florestas



Fonte: BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2014).

A madeira de fibras curtas é obtida a partir do eucalipto nos países tropicais, e a de fibra longa a partir do pinus nos países de clima temperado. Em relação às aplicações de celulose

solúvel alto-alfa, o tamanho das fibras da madeira é um fator importante para as cadeias consumidoras, já que as tecnologias utilizadas nessas cadeias são desenvolvidas ou adaptadas dependendo do tipo de fibra, curta ou longa (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Os processos químicos tradicionais de produção de celulose para papel também podem ser utilizados para fabricar celulose solúvel. A diferença consiste que o processo para a celulose solúvel deve ser realizado por bateladas, e não o contínuo. Dessa forma, esse tipo de processo reduz a escala e aumenta os custos de produção, porém permite uma maior variabilidade no teor de alfa das unidades produzidas, podendo atender à uma grande diversidade de especificações técnicas exigidas (VIDAL, 2013).

Como mostrado na **Figura 3**, alguns dos principais derivados de celulose são a viscose, acetatos, nitrocelulose e os éteres de celulose, os quais são temas abordados abaixo.

2.1.1. Viscose

A viscose é uma fibra artificial produzida a partir da celulose. A principal aplicação da celulose solúvel são as fibras de viscose, representando a maior parte do consumo de celulose solúvel. A viscose é utilizada na indústria têxtil, porém as suas fibras têm pouca representatividade no mercado global, devido existirem as fibras naturais, que representam a maior parte do consumo e as fibras químicas (divididas em artificiais e sintéticas) (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Os produtos derivados de processo viscose dividem-se em dois grupos: os de fibras têxteis celulósicas e os demais.

A viscose, inicialmente, era utilizada para a confecção de cobertas e agasalhos. A partir da 1920, começou a ser comercializada com o nome de *rayon*. Esse *rayon* cortado ou em filamentos é uma fibra à base de celulose solúvel regenerada, que apresenta alto brilho e baixa tolerância à umidade. Na década de 1950, o filamento *rayon* de alta tenacidade passou a ser utilizado para revestir pneus e outros produtos de borracha. Ao surgir fibras sintéticas como *nylon* e poliéster, o filamento *rayon* de alta tenacidade tem sido usado para aplicações mais específicas (VIDAL, 2013).

O *Lyocell* é uma fibra têxtil produzida pela introdução de um processo de dissolução da celulose. Essa fibra proporcionou um tecido de propriedades novas, como brilho, suavidade,

fácil caimento. Além disso, muitos integrantes do mercado veem o *Lyocell* mais ecologicamente correto do que o *rayon*, devido a maior recuperação de químicos no processo industrial, cerca de 99% (VIDAL, 2013).

Dentre os produtos derivados de viscose que não são classificados como fibras celulósicas existem o celofane, esponjas de celulose e embalagens para alimentos. O celofane, podendo ser fabricado tanto de forma mais rígida como mais maleável, é utilizado para produção de filmes para máquinas fotográficas, filmes para slide entre outros. As esponjas de celulose amplamente utilizadas para limpeza de utensílios de cozinha. E as embalagens para revestir alimentos como salsichas, linguças, presuntos defumados e outros (VIDAL, 2013).

2.2.2. Acetatos

Os acetatos à base de celulose são obtidos por meio da reação química entre a celulose de alto teor de pureza com o ácido acético e o anidrido acético, na presença de ácido sulfúrico (VIDAL, 2013).

Os acetatos de celulose são utilizados para fabricar vários produtos, como embalagens, tecidos, filmes fotográficos e outros, mas seu principal uso é na indústria tabagista (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

A partir do filtro de acetato, uma fibra celulósica produzida por meio de flocos de acetato, é possível remover o alcatrão e outros produtos tóxicos presentes no cigarro. Mas para fabricar os flocos de acetato necessita-se de grande quantidade de anidrido acético, para acetilar a celulose, o que restringe a produção. A principal aplicação é em filtros para cigarros (VIDAL, 2013).

No caso do filamento têxtil de acetato, tem-se utilidade similar à dos filamentos *rayon*, como em forros para roupas masculinas e ternos. E o filme de acetato, à base de flocos de triacetato de celulose, é utilizado como filme polarizador de telas de cristal líquido.

Os acetatos de celulose também são utilizados na produção de micropartículas, de membranas simétricas e assimétricas para liberação controlada de fármacos, como também na produção de membranas para emprego em processos de separação, como osmose reversa (FERREIRA JUNIOR, 2009; MEIRELES et al., 2010).

2.2.3. Nitrocelulose

Existem diversos tipos de nitrocelulose. As suas aplicações principais são voltadas a fabricação de explosivos, tintas especiais, por exemplo solventes para tintas automotivas e vernizes, que oferecem brilho à superfície (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

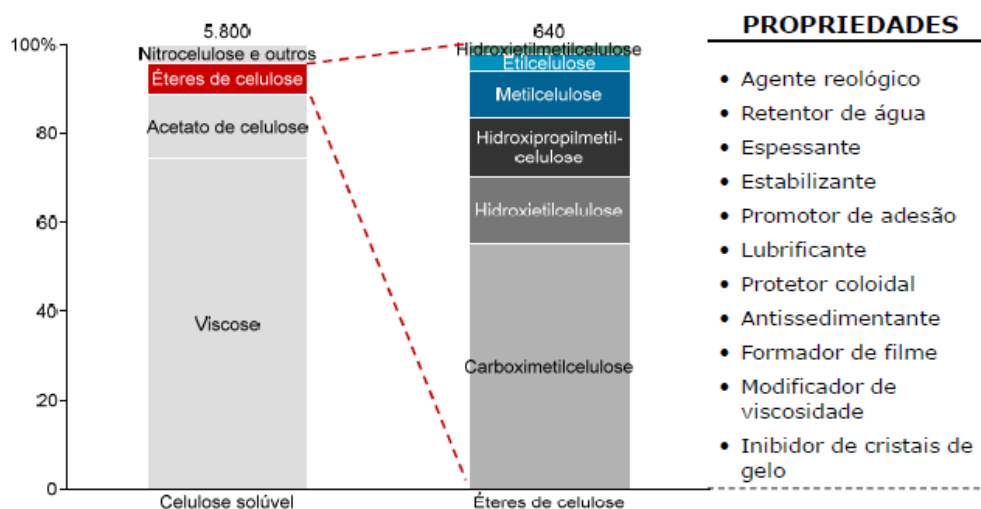
2.2.4. Éteres de celulose

Os éteres celulósicos são polímeros produzidos a partir da alquilação da celulose. A propriedade principal para o elevado número de aplicação dos éteres de celulose está relacionada à solubilidade em água. Esses polímeros apresentam a propriedade de mudar a reologia de soluções e formulações à base de água. Os mesmos são utilizados para modificar viscosidade, aumentar a retenção de água, estabilizar suspensões, lubrificar, formar filmes e gelificar (VIEIRA, 2012).

Eles são uma classe de compostos que competem com materiais como gomas, polímeros sintéticos, proteínas, amidos e até com argilas inorgânicas. Devido os éteres de celulose serem provenientes de recursos naturais e oferecerem um desempenho eficaz a um custo razoável, eles são mais vantajosos do que os polímeros sintéticos (CRUZ, 2011).

Os éteres de celulose são compostos químicos utilizados como aditivos em uma ampla variedade de aplicações em diversas indústrias, como alimentícia, farmacêutica, de cosméticos, construção civil, recuperação de petróleo, indústria de tintas, cerâmica, têxtil, entre outras (VIEIRA, 2012). A celulose solúvel alto-alfa reage com químicos específicos para a produção dos éteres. Existem seis grupos de éteres de celulose que se diferenciam pela estrutura química e não são substituíveis entre si, mas possuem aplicações semelhantes. Esses são: metilcelulose (MC), hidroxietilcelulose (HEC), carboximetilcelulose (CMC), hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), hidroxietilmetilcelulose (HEMC), etilcelulose (EC). Como pode-se ver na **Figura 5** abaixo.

Figura 5 - Mercado global de celulose solúvel e éteres de celulose

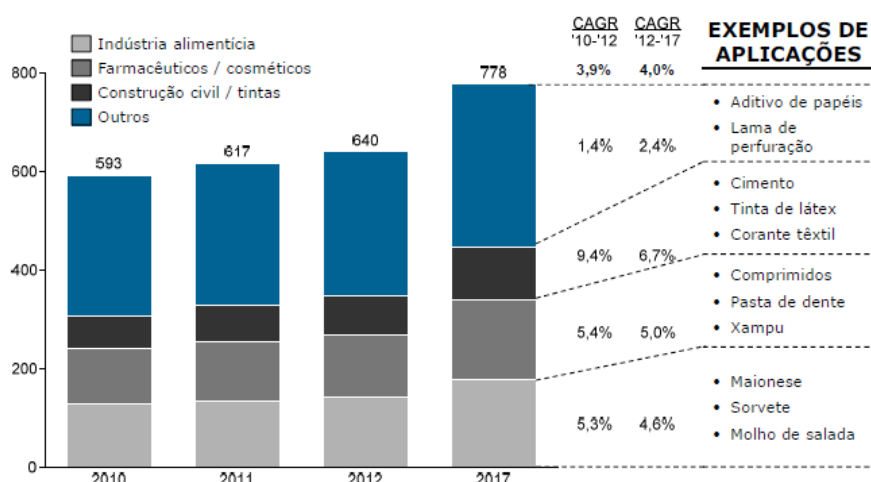


Fonte: BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2014).

Algumas propriedades importantes dos éteres de celulose, como mostrado na **Figura 5** são de: agente reológico, retentor de água, espessante, estabilizante, promotor de adesão, lubrificante, protetor coloidal, antissedimentante, formador de filme, modificador de viscosidade e inibidor de cristais de gelo (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Esses éteres de celulose possuem aplicações diversas, como detergentes, óleos, aditivos ou colas, têxtil, tintas, construção, farmacêutica, alimentícia, entre outras. Para uma maior percepção da variedade de aplicações, na **Figura 6** pode-se visualizar o mercado global de éteres de celulose, por aplicação (mil toneladas) (VIDAL, 2013).

Figura 6 - Mercado global de éteres de celulose, por aplicação



Fonte: BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2014).

Nesse estudo, são abordados alguns dos tipos de éteres de celulose: hidroxietilcelulose (HEC), metilcelulose (MC) e carboximetilcelulose (CMC), com destaque para a carboximetilcelulose que é sintetizada.

2.2.4.1. Hidroxietilcelulose (HEC)

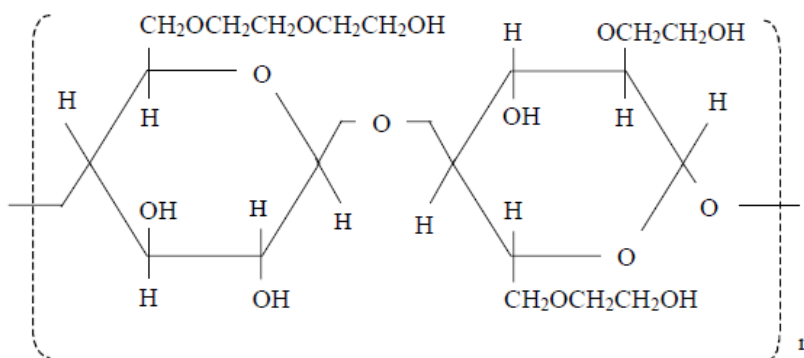
A hidroxietilcelulose (HEC) se caracteriza como um polímero não iônico e é produzida com vários intervalos de GS. Com baixos graus de substituição, GS de 0,05 a 0,5, a HEC é solúvel somente em acáli aquosos. Mas ao aumentar o GS, a solubilidade também aumenta. Assim, com GS acima de 1,5, o polímero é solúvel em água quente e fria e insolúvel em hidrocarbonetos. Geralmente, a HEC é comercializada com GS entre 1,5 e 2,5 (MAJEWICZ; JUST, 2004).

A HEC é um homopolímero natural modificado, que pode ser chamado de semi-sintético, estável, em relação à viscosidade da solução, na presença da maioria dos álcalis e ácidos. Se decompõe gradualmente em temperatura maior ou igual a 100 °C, principalmente na presença de ácidos, álcalis e sais. E sua total decomposição ocorre a aproximadamente 400 °C (PÓVOAS, 1999).

Esse polímero possui utilidades como espessante, dispersante, estabilizador, aglutinante e formador de películas, além de atuar como espessante e colóide protetor na emulsão do PVAc. A hidroxietilcelulose é utilizada em produtos para construção, em papéis, pigmentos, na emulsificação de látex, nas indústrias têxtil, metalúrgica e farmacêutica, em serviços de petróleo, em cosméticos e detergentes, na agricultura, entre outros (PÓVOAS, 1999)

A partir da reação da celulose mercerizada com o óxido de etileno sob altas pressões, produz-se HEC. Na **Figura 7** tem-se a estrutura da hidroxietilcelulose (HEC).

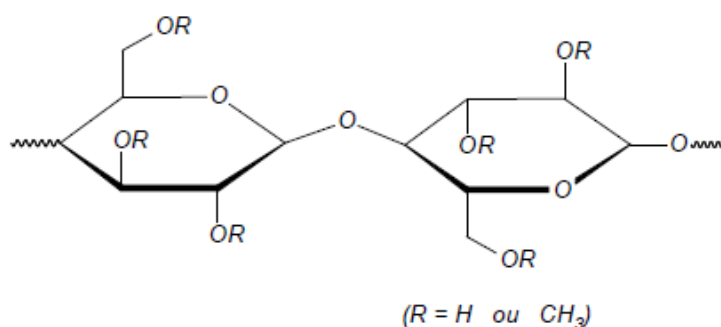
Figura 7 - Estrutura da hidroxietilcelulose (HEC)



2.2.4.2. Metilcelulose (MC)

A metilcelulose (MC) é um metil éter que pode ser obtido a partir da reação entre celulose em meio alcalino e um agente metilante, como iodeto de metila, cloreto de metila ou dimetilsulfato (DMS). Na **Figura 8** pode-se visualizar a estrutura da metilcelulose (YE; FARRIOL, 2007; VIEIRA, 2004; VIEIRA et al., 2009).

Figura 8 - Estrutura da metilcelulose (MC)



Fonte: CRUZ (2011).

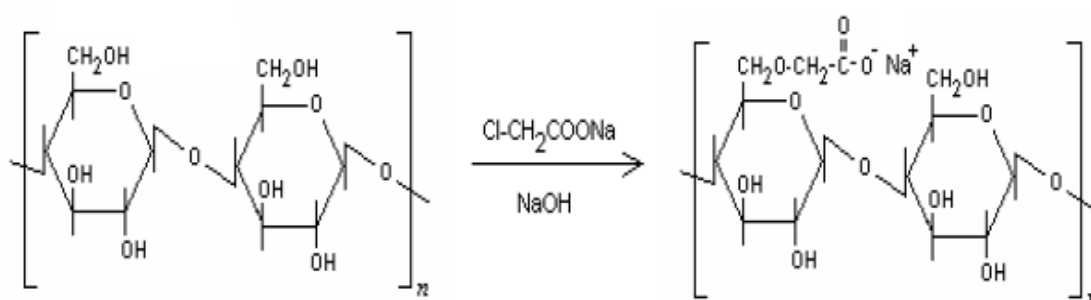
O grau de substituição está diretamente relacionado a aplicação da metilcelulose (YE; FARRIOL, 2007; RODRIGUES FILHO, 2007). Essa metilcelulose que pode ser produzida com diferentes GS, modificando-se as condições de síntese, como o agente metilante ou o tempo de reação (RODRIGUES FILHO, 2007). Outros fatores que estão ligados a aplicação da MC são o peso molecular, grau de polimerização e distribuição dos substituintes ao longo da cadeia. Já que esses fatores influenciam em suas propriedades físicas, como a solubilidade em água.

A MC possui ampla aplicação na indústria farmacêutica, petroquímica, alimentícia, construção civil, entre outras (CRUZ, 2011; RODRIGUES FILHO, 2007; XUE; NGADI, 2009). Ela é utilizada como surfactante, em tintas à base d'água, adesivos, na composição de argamassas, de colírios, como aditivo de medicamentos e cosméticos, em liberação controlada de drogas, como componente de revestimento, controlador de viscosidade, na indústria de alimentos também, por exemplo pela capacidade de formação de gel (CRUZ, 2011).

2.2.4.3. Carboximetilcelulose (CMC)

A carboximetilcelulose de sódio (CMC) é um derivado obtido pela modificação da celulose. O processo ocorre pela reação da celulose com ácido monocloraacético, em meio alcalino, na presença de solventes orgânicos, sob condições heterogêneas. Essa reação chama-se síntese de Williamson, e pretende substituir parcialmente os grupos hidroxila (OH) da cadeia da celulose por grupos carboximetil ($-CH_2COO^-$) nas posições 2, 3 e 6 como ilustrado na **Figura 9** (ADINUGRAHA, 2005).

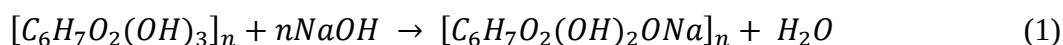
Figura 9 - Reação de carboximetilação da celulose

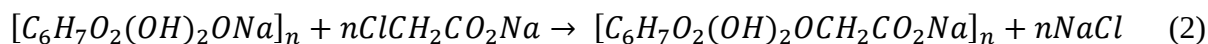


Fonte: ADINUGRAHA (2005).

O processo de síntese de CMC está ligado ao grau de substituição dos grupos carboximetila, uniformidade da substituição, pureza do produto e grau de polimerização (DP) obtido. Em que, o DP é definido como o número médio de unidades monoméricas ao longo da cadeia polimérica, assim quanto maior o DP, maior a massa molar e a viscosidade do polímero (PEREIRA, 2002).

O processo de alcalinização, comumente, ocorre à temperatura ambiente. Durante o processo de eterificação, a celulose alcalina reage com monocloraacetato de sódio, ou com o ácido monocloraacético, para a formação de éteres de celulose de carboximetila. Simultaneamente, o NaOH reage com ácido monocloraacético, formando dois sub-produtos, o glicolato de sódio e cloreto de sódio (LIMA, 2016). A reação de alcalinização, eterificação e processo de reação paralela estão representados respectivamente nas **Equações (1), (2) e (3)** abaixo.





A CMC é um polímero aniônico, solúvel em água e comercializado como sal de sódio, logo como carboximetilcelulose de sódio. Esse pó branco em solução forma um gel transparente, o que contribui para a retenção de água. Além de ser um produto atóxico, inodoro, ter propriedades de polieletrólito e apresentar solubilidade em água em um grande intervalo de grau de substituição (GS). A CMC possui solubilidade em água a frio devido a presença de substituintes com grupos $-CH_2 - COOH$ na cadeia de celulose, que gera um afastamento das cadeias poliméricas e permite maior penetração de água. A solubilidade depende da granulometria, sendo mais fácil dissolver um produto moído, no caso, a CMC apresenta solubilidade com GS a partir de 0,6. Essa solubilidade é proporcional ao GS e inversamente proporcional ao peso molecular (CRUZ, 2011; SILVA, 2011).

A carboximetilcelulose possui diversas aplicações, como utilização na remediação de metais em soluções aquosas, na indústria de alimentos, detergentes, cosméticos, produtos farmacêuticos, têxteis, papel, adesivos, cerâmicas, entre outros. Ela tem aplicações como estabilizador natural de condimentos, agente para dar textura, substituto de gorduras, liga e material de revestimento de comprimidos e outros produtos farmacêuticos (VIDAL, 2013). Ela pode ser encontrada sob várias formas, depende do tamanho das partículas, viscosidade, grau de substituição e características de hidratação, apresentando estabilidade em pH ácido (SILVA, 2011; LIMA, 2016).

Esse polímero é produzido em grande quantidade em graus comerciais bruto, sem refinação, para utilização em detergentes, lubrificantes, cerâmica, cimento, tecido, pesticidas, lama de perfuração de petróleo, adesivos, indústria de papel e revestimento. Já em altos graus de pureza é utilizado como aditivos alimentares (LATIF et al., 2007).

Atualmente, no Brasil, a CMC é produzida comercialmente somente pela empresa Denver (Grupo Formitex), com produção destinada à indústria alimentícia, usada geralmente como espessante em sorvetes, sucos e molhos (BARBA et al., 2002). Além de ser utilizada como estabilizante em bebidas, e na indústria de laticínios para aumentar textura, consistência e qualidade de estocagem (LIMA, 2016).

Em alimentos também atua como agente de textura, controlador de migração em misturas gelificantes, além de ser ingrediente de sorvetes, coberturas, refresco em pó, molhos,

panificação, leite de coco, xaropes, sobremesas e usado também em produtos dietéticos (LIMA, 2016).

Avaliou-se também a remediação de metais em soluções aquosas com o uso desse polímero (MERCÊ et al., 2007). A carboximetilcelulose foi testada como adsorvente para analisar a remoção de alumínio monomérico (Al^{3+}) em águas de ETAs (TARPANI, 2012), além ser utilizada em suspensões de argila para preparação de fluidos (BEKKOUR; BENCHABANE, 2008).

Um importante ramo de aplicação da carboximetilcelulose é na construção civil, que é um dos éteres de celulose mais importantes e produzidos. Como por exemplo aplicado na parte de cimento, argamassas, tinta de látex, corante têxtil. Pode-se observar a presença desse campo no **Quadro 1**, que mostra a tendência de crescimento de principais mercados para os éteres de celulose, dentre eles está a construção civil. A tendência para o mercado global de éteres de celulose foi de crescimento de aproximadamente 5% ao ano entre 2012 e 2017, influenciado pelo crescimento dos seus principais mercados (BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014).

Quadro 1- Tendência mundial de crescimento das áreas a jusante dos éteres de celulose

INDÚSTRIA	CAGR	PERÍODO
Alimentícia	3,3%	2012-2017
Construção civil	5,2%	2012-2020
Cosméticos	5,2%	2013-2017
Farmacêuticos	5,3%	2012-2017

Fonte: BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2014).

2.3. Carboximetilcelulose em argamassas

De acordo com a ABNT, argamassa de assentamento é um produto originado pela mistura homogênea de aglomerante(s), que no caso da BQMIL utiliza-se o cimento CP V ARI fornecido pela Lafarge Holcim, agregado(s) miúdo(s), areia fina com faixa granulométrica bem definida, aditivos (retentores de água e polímeros em pó) e água, possuindo propriedades mínimas de aderência e endurecimento. Por meio dessa definição inicial surgem as subdivisões dos tipos de argamassas colantes de assentamento, que são classificadas em ACI, ACII, ACIII, possuindo propriedades específicas (CRUZ, 2011).

Argamassa colante (AC) industrializada é definida pela norma ABNT NBR 14081-1 (2012) como produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que ao ser misturado com água, torna-se uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.

Essas argamassas colantes também são conhecidas como argamassas adesivas, destinadas para assentamento de materiais cerâmicos, aplicadas com uma camada fina, formando os cordões. Elas são disponibilizadas na indústria em forma de pó, em que seus constituintes são dosados pelos fabricantes, conforme a necessidade do cliente (SILVA, 2019).

Iniciou-se nos Estados Unidos, no fim da Segunda Guerra Mundial, as primeiras pesquisas referentes às argamassas colantes. Como o processo tradicional de aplicação de revestimentos cerâmicos demandava longos períodos de serviço, as pesquisas visavam racionalizar esse tempo, para agilizar a finalização de obras. Com os estudos, os consumidores obtiveram alta qualidade na execução de obras, evitando possíveis imperfeições e reduzindo os custos para aplicar os revestimentos (CRUZ, 2011).

Os estudos sobre argamassas colantes (AC) no Brasil começaram em 1964, devido problemas com desprendimento de revestimentos de pisos e paredes. Com a crescente demanda por placas cerâmicas, percebeu-se a necessidade de produzir um material de maior qualidade e com maior eficiência para solucionar problemas relacionados a falta de aderência. Assim, em 1971, surge a primeira argamassa colante brasileira, conhecida como *dry-set mortar*, ou argamassa seca, a qual já era difundida na Europa, nos Estados Unidos e no Japão (PAIVA, 2016; SILVA, 2019).

As argamassas colantes industrializadas estão sendo muito utilizadas devido as diversas vantagens que apresentam, como maior resistência de aderência e durabilidade, por permitirem a utilização de múltiplas técnicas de assentamento de forma limpa e eficiente, por desperdiçarem menos materiais comparado às argamassas dosadas em obras, além de oferecerem praticidade e economia, devido já serem pré-dosadas pelos fabricantes, proporcionando aumento na produtividade. Elas estão sendo muito empregadas também, tanto em grandes como em pequenas construções, pela crescente demanda por revestimentos cerâmicos (CAMPANTE; BAÍA, 2003).

2.3.1. Aditivos para argamassas

Os aditivos são substâncias, que ao serem misturadas na confecção de argamassas, modificam as propriedades físico-químicas destas, a fim de melhorar e facilitar a confecção, a aplicação, o lançamento, eliminando efeitos como segregação, fissuramento, bolhas, e melhorando a resistência mecânica, aparência, impermeabilidade e durabilidade (VIEIRA, 2012).

Os aditivos podem alterar as características de pega, como a solidificação da pasta de cimento; e o endurecimento da pasta, levando a ganho de resistência com o tempo, influenciando na taxa de hidratação do cimento. Esses aditivos variam de tensoativos, sais solúveis e polímeros a minerais insolúveis. Eles variam bastante em relação à composição química e geralmente desempenham mais de uma função. Algumas substâncias passam a agir de forma instantânea sobre o sistema água-cimento; já outras se dissociam em seus íons constituintes e interferem nas reações químicas entre os compostos de cimento e água, em alguns minutos ou até em algumas horas após a adição (NASCIMENTO, 2010).

As propriedades das argamassas modificadas dependem consideravelmente do teor de polímero empregado. A relação polímero-cimento é a relação em massa da quantidade de polímero sólido presente em um aditivo polimérico para a quantidade de cimento empregada no preparo da argamassa (VIEIRA, 2012).

Polímeros solúveis em água, geralmente utilizados como aditivos, são os derivados celulósicos, tais como carboximetilcelulose (CMC), metilcelulose (MC), hidroxietilcelulose (HEC), hidroxietilmetilcelulose (HEMC), hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). Esses são adicionados à argamassa na forma de pó ou soluções aquosas durante a mistura dos constituintes (VIEIRA, 2012).

Os éteres de celulose têm sido muito utilizados como aditivos na produção de argamassas, devido às propriedades apresentadas pelas suas soluções aquosas. Eles são polímeros semi-sintéticos, solúveis em água, em que os grupos hidrofílicos interagem com as moléculas de água por ligações de hidrogênio, alterando a reologia das argamassas (POURCHEZ et al., 2006; SILVA; MONTEIRO, 2006; KNAPEN, GEMERT, 2009, BENTZ et al., 2008). Adiciona-os em formulações de argamassas industriais a fim de melhorar a trabalhabilidade da argamassa fresca e a aderência ao substrato.

Esses éteres também promovem um aumento significativo na capacidade de retenção de água, adesão e na viscosidade da pasta de cimento. Eles são modificadores reológicos, que

melhoram a trabalhabilidade das argamassas colantes, por meio da incorporação de ar e pelas outras propriedades citadas. Em especial, utiliza-se bastante a carboximetilcelulose, que ao ser aplicada apresenta essas propriedades de forma eficiente. Esses polímeros são frequentemente aplicados para produzir argamassas de assentamento de azulejos, devido gerar sistemas altamente viscosos, com boa capacidade de retenção de água e adesão (VIEIRA, 2009).

Os aditivos mais utilizados em argamassas são produtos solúveis em água como superplastificantes que não são biodegradáveis, porém biopolímeros como a celulose ou o amido são materiais renováveis, sendo assim uma alternativa ecológica aos polímeros petroquímicos (VIEIRA et al., 2005).

A indústria de construção civil é um setor que gera grande quantidade de resíduos, muitas vezes de difícil descarte e disposição, e apresenta grande preocupação ambiental, estando sempre em busca de alternativas como utilização de produtos mais sustentáveis e mais duráveis, reaproveitamento e reciclagem (POGGIALI, 2010; FARIA; GURGEL, HOLANDA, 2012; SILVA et al., 2009). Se for possível utilizar aditivos que são uma alternativa ecológica, que melhoram as propriedades da argamassa e barateiam o custo, é uma vantagem para a indústria do ramo.

2.3.2. Propriedades da argamassa

As propriedades no estado fresco de uma argamassa colante são muito importantes para a alta qualidade do produto, pois essas influenciam consideravelmente nas propriedades do estado endurecido, tendo relação com problemas patológicos que podem ser desenvolvidos. Para a argamassa apresentar um bom desempenho são exigidas muitas propriedades, porém destaca-se para esse estudo a trabalhabilidade e a retenção de água, que são as principais influenciadas pelo éter de celulose carboximetilcelulose (SILVA, 2019).

2.3.2.1. Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é definida como a facilidade de se manipular a argamassa. Uma trabalhabilidade adequada facilita o manuseio e a aplicação do produto. Caso a argamassa esteja seca, áspera, ou seja, com a trabalhabilidade não adequada, a aplicação é comprometida e tem o risco de oferecer baixa aderência (CARASEK, 2007). De acordo com Maciel e Sabbatini (2008) e Carasek (2007), ela é uma das propriedades mais importantes das argamassas no estado

fresco, sendo obrigatório para que possa ser utilizada. Essa propriedade está associada a um conjunto de outras propriedades como massa específica, teor de ar incorporado, consistência, plasticidade, retenção de água, adesão inicial e exsudação. Por exemplo, uma argamassa com menor massa específica e maior teor de ar, apresenta melhor trabalhabilidade.

A trabalhabilidade avalia a argamassa quanto à facilidade de penetração da colher de pedreiro; a capacidade de não aderir a colher ao ser lançada, se mantendo coesa no momento de transporte; de se distribuir com facilidade e preencher todas as reentrâncias do substrato; de não endurecer rapidamente quando aplicada, tornando-se plástica até a finalização do serviço (MACIEL; SABBATINI, 2008; GOMES, 2013)

No tipo de argamassa colante para assentamento de revestimentos cerâmicos, essa propriedade é bastante observada no momento de assentamento da argamassa sobre o substrato, pois essa está relacionada com a boa formação dos cordões, esticados com desempenadeira dentada, apresentando consistência e leveza durante a aplicação e tempo em aberto adequado sem que haja endurecimento precoce (DIAS, 2017).

A areia é um fator que influencia diretamente na trabalhabilidade. Dentre as características granulométricas da areia que interferem, tem-se o coeficiente de uniformidade, a forma dos grãos e a finura (SILVA, 2019).

Existem outros fatores internos e externos que alteram o valor relativo da trabalhabilidade. Como internos pode-se citar: a proporção, formato dos agregados; e como fatores externos tem-se o tipo de mistura (mecanizada ou manual), tipo de transporte (horizontal ou vertical), lançamento (altura) e adensamento (manual ou vibratório) (COPETTI, 2016).

2.3.2.2. Retenção de água

De acordo com Bauer et al. (2016) e Cruz (2011) retenção de água é propriedade no estado fresco que a argamassa tem de reter a água de amassamento sem alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um máximo período de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água, podendo ser por sucção da base, evaporação ou reações de hidratação. Essa propriedade pode variar em função das condições do ambiente e das características de absorção da base. Ao se utilizar um substrato de alta sucção de água ou se a argamassa estiver sujeita a condições climáticas desfavoráveis, como temperatura, ventos e baixa umidade, deve-se avaliar a retenção de água atentamente (CRUZ, 2011; CARASEK, 2007).

A retenção de água influencia no tempo disponível para sua aplicação, regularização, desempenho, como também afeta propriedades no estado endurecido, já que uma retenção de água apropriada permite as reações de hidratação do cimento, e assim ocasiona o ganho de resistência e durabilidade por meio da ação de endurecimento, além de influenciar nas reações dos aglomerantes durante a cura (GOMES, 2013; CRUZ, 2011).

Essa característica de retenção de água também interfere na retração por secagem, uma das principais causas de fissuração das argamassas no estado endurecido devido à velocidade de evaporação da água de amassamento, o que prejudica a durabilidade do revestimento (CRUZ, 2011).

Para uma retenção adequada de água, geralmente acrescenta-se aditivos químicos retentores de água para aumentar o tempo em aberto das argamassas, já que a rápida evaporação de água gera um comprometimento na sua aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, podendo ocorrer descolamento de revestimentos cerâmicos, e afeta negativamente a sua durabilidade e estanqueidade. Os aditivos retentores de água são em sua maioria à base de éter de celulose. Além disso, outros fatores que influenciam essa propriedade de retenção de água são as características e proporção dos constituintes da argamassa (SILVA, 2019).

Para aumentar a retenção de água pode-se aumentar o teor de materiais constituintes com elevada área específica como a utilização de saibro e cal, em que esses dois materiais possuem uma área consideravelmente maior a ser molhada e leva ao aparecimento das tensões superficiais que tendem a manter a água absorvida nas partículas (ALVES JUNIOR, 2010).

2.4. Brasil Química e Mineração Industrial Ltda.

A Brasil Britas Mineração Indústria e Comércio foi fundada em 1994, com operações de lavragem de minérios em jazidas, produzindo britas para o comércio. A empresa se tornou Brasil Química e Mineração Industrial Ltda (BQMIL) em 2002, em que iniciou suas atividades com foco na produção de argamassas colantes, visando uma economia circular e o reaproveitamento de resíduos. Após isso, estendeu as atividades, desenvolvendo produtos para área de cimentação de poços de petróleo e gás, investindo na produção do setor de pré-moldados, na ampliação do parque industrial, além de aumentar a diversidade de produtos, atendendo a área de concreto, graute, autonivelante, texturas, rejuntas, impermeabilizantes, sistemas acrílicos.

A BQMIL investe cada vez mais em inovação, sustentabilidade e soluções. Um exemplo disso, foi o prêmio de Inovação Nacional de Inovação do SENAI em terceiro lugar no ano de 2019, na categoria Inovação de Processos, atestando todo o trabalho e empenho desenvolvido nessa empresa. A empresa integra o grupo “A Construtora”, com distribuição de 26 lojas. Possui localização geográfica estratégica, às margens da BR 110, Km 31 do município de Mossoró e atende os mercados do RN, PB, CE, PE, PI e BA (PAIVA, 2016).

3. METODOLOGIA

Primeiramente, foi preparada a celulose solúvel recebida para ficar no formato desejado. Em seguida, foi sintetizada a carboximetilcelulose por dois métodos baseando-se na metodologia descrita em Lima (2016) com algumas alterações. As carboximetilceluloses produzidas foram aplicadas em argamassa colante, possibilitando o preparo de três tipos diferentes de argamassas colantes para teste. Para testar as novas formulações de argamassas, realizou-se o ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time) para avaliar o desempenho, qualidade do éter de celulose produzido, suas propriedades e seu efeito na argamassa.

3.1. Materiais

Os materiais utilizados para o estudo estão descritos no **Quadro 2**. Além disso, também se utilizou água, celulose solúvel e argamassa colante tipo II (ACII) com modificações da formulação, pois as carboximetilceluloses sintetizadas foram inseridas nas argamassas. As argamassas produzidas para testes sofreram uma redução do celulósico padrão da formulação. Em relação a CMC sintetizada pelo primeiro método analisou-se com 30% de CMC (F1.30) e 100% de CMC (F1.100), e para a CMC produzida pelo segundo método analisou-se com 30% de CMC (F2.30), isso em relação ao celulósico padrão utilizado.

Quadro 2 - Reagentes utilizados e seus respectivos fabricantes

Reagente	Fórmula	Fabricante
Ácido Acético Glacial	CH_3COOH	Dinâmica Química Contemporânea Ltda
Ácido Monocloroacético	$C_2H_3ClO_2$	Synth
Etanol	C_2H_5O	Dinâmica Química Contemporânea Ltda
Isopropanol	C_3H_8O	Dinâmica Química Contemporânea Ltda
Hidróxido de sódio (micropérolas)	$NaOH$	Dinâmica Química Contemporânea Ltda
Hidróxido de Sódio (escamas)	$NaOH$	Synth

Fonte: Autoria própria (2019).

3.2. Equipamentos utilizados

De acordo com Lima (2016), ABNT NBR 14081-2 (2012) e ABNT NBR 14081-1 (2012), para realização da pesquisa utilizou-se os equipamentos expostos abaixo.

- Plaina;
- Balança;
- Béquer;
- Espátulas;
- Pipetas de pasteur;
- Agitador magnético;
- Misturador (Quimis Q235-2);
- Papel filtro;
- Misturador mecânico de argamassa (Pavitest);
- Cronômetro;
- Termohigrômetro;
- Pano úmido;
- Substrato;

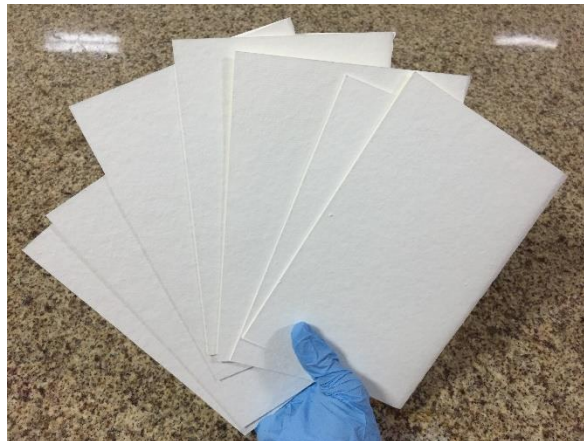
- Desempenadeira de aço com dentes;
- Placas cerâmicas.

3.3. Preparação da celulose solúvel

A celulose solúvel (CPMC Celulose Riograndense) é bastante comercializada no formato de papel cartão (**Figura 10**) por vantagens de transporte. De acordo com a CPMC Celulose Riograndense, a alvura dessa celulose solúvel é de 88,5 no mínimo, classificação do tipo A e viscosidade acima de 700 dm³/Kg. A celulose é extraída com soluções de hidróxido de sódio 17,5%. A Alfa-Celulose é a fração resistente a soluções de hidróxido de sódio 17,5% sob as condições do teste. A Beta-Celulose é a fração solúvel que é precipitada na acidificação da celulose e a Gama-Celulose é a fração que permanece na solução. A fração solúvel, consistindo de Beta e Gama-Celulose, é determinada volumetricamente pela oxidação com Dicromato de potássio, e a Alfa-Celulose, como uma fração insolúvel, é calculada pela diferença.

Utilizou-se uma plaina (**Figura 11**) na empresa Brasil Química e Mineração Industrial Ltda para desfibrar o material do papel cartão, resultando na celulose solúvel com aparência mostrada na **Figura 12**.

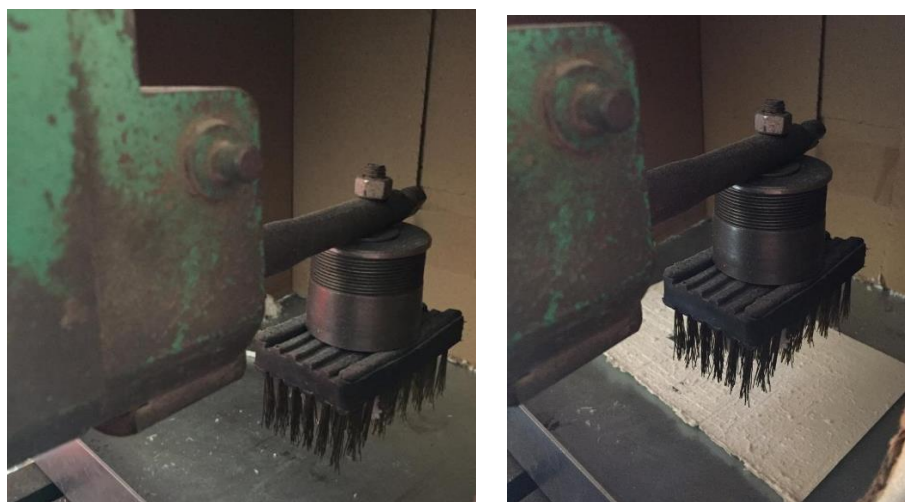
Figura 10 - Papel cartão de celulose solúvel



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 11 - Plaina para desfibrar o papel cartão de celulose solúvel

(a) Equipamento e (b) Plaina com o material posicionado



(a)

(b)

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 12 - Celulose solúvel desfibrada

(a) Amostra aproximada da celulose solúvel e (b) Porção da celulose solúvel



(a)

(b)

Fonte: Autoria própria (2019).

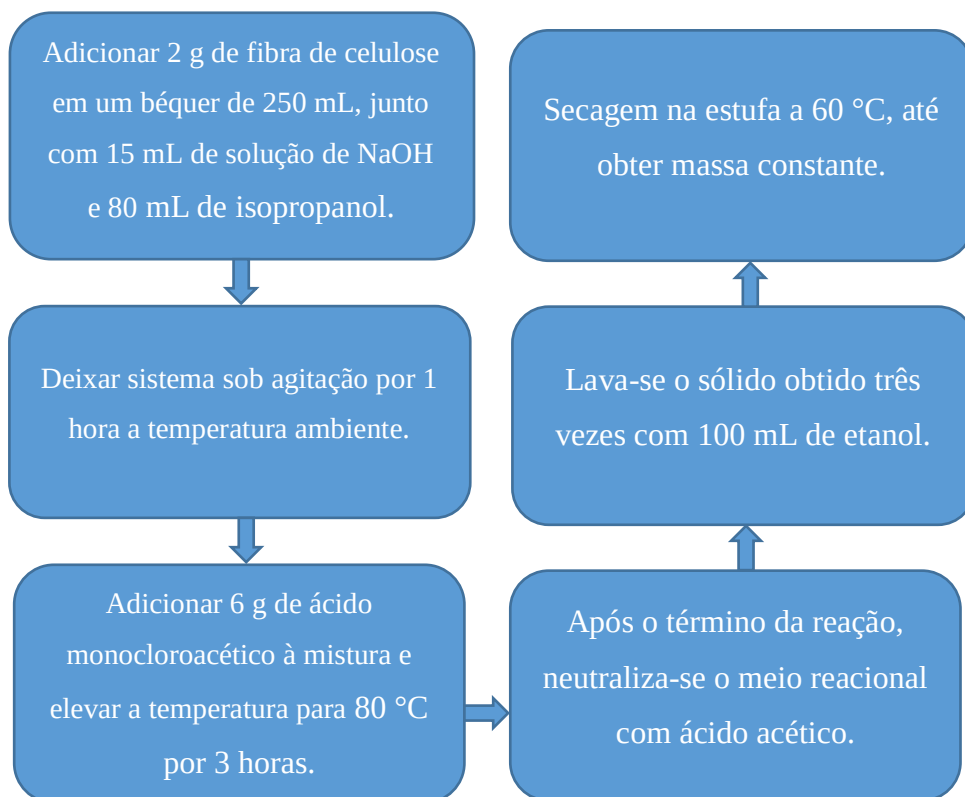
3.4. Síntese da carboximetilcelulose (CMC)

3.4.1. Método 1

A partir da metodologia descrita em Lima (2016), obteve-se a carboximetilcelulose através de uma reação em duas etapas. A primeira etapa consistiu em adicionar a um béquer de

250 mL uma massa de 2 g de fibra de celulose, sem nenhum tratamento prévio, juntamente com 15 mL de uma solução de NaOH 20% m/m (preparada com o NaOH em micropérolas) e 80 mL de isopropanol à temperatura ambiente, por 1 hora, agitando em um misturador (**Figura 14a**). Essa etapa 1, que está representada na **Figura 14a** e **Figura 14b**, resultou na mistura exposta na **Figura 15**. Na segunda etapa, 6 g de ácido monocloroacético foi adicionado e elevou-se a temperatura para aproximadamente 80 °C, em que a reação ocorreu durante 3 horas (**Figura 16**). Após terminar a reação, o meio reacional foi filtrado, e neutralizado com ácido acético (**Figura 17**). A carboximetilcelulose (CMC) sólida obtida foi lavada três vezes com 100 mL de etanol. A CMC obtida foi secada a 60 °C em estufa, até obter massa constante. Pode-se ver o procedimento para síntese da CMC pelo Método 1 de forma resumida no Fluxograma da **Figura 13**.

Figura 13 - Fluxograma de Síntese da carboximetilcelulose (CMC)



Fonte: LIMA (2016) modificado.

Nas **Figuras 14, 15, 16** e **17** abaixo tem-se a ilustração do procedimento de Síntese da carboximetilcelulose (CMC).

Figura 14 - Primeira etapa da Síntese da CMC

(a) Misturador com o béquer contendo a mistura posicionado e (b) Funcionamento do misturador



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 15 - Resultado da Primeira etapa da Síntese da CMC

(a) Amostra resultante da Primeira etapa (b) Aspecto da amostra aproximada do resultado da Primeira etapa



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 16 - Segunda etapa da Síntese da CMC

(a) CMC durante a Segunda etapa (b) Resultado da CMC após o tempo de aquecimento



(a)

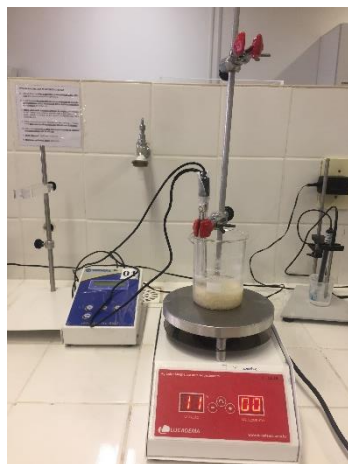


(b)

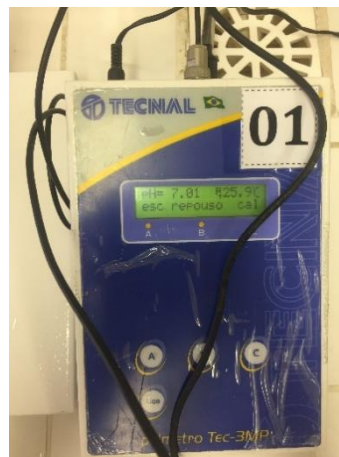
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 17 - Neutralização do meio reacional

(a) Sistema montado para ler o pH da mistura e auxiliar na neutralização e (b) Resultado do pH obtido ao final da neutralização



(a)



(b)

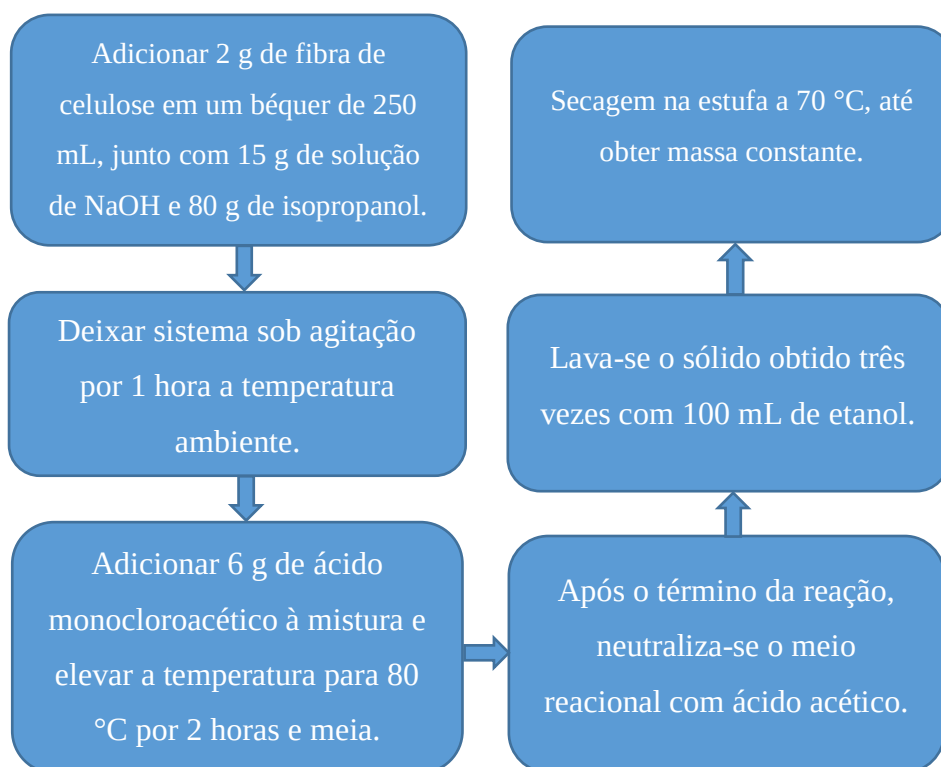
Fonte: Autoria própria (2019).

3.4.2. Método 2

Nesse método, seguiu-se as mesmas etapas do Método 1, porém com algumas alterações. Inicialmente, na primeira etapa adicionou-se em um béquer de 250 mL uma massa de 2 g de fibra de celulose, sem tratamento prévio, juntamente com 15 g de uma solução de NaOH 2% m/m (preparada com NaOH em escamas) e 80 g de isopropanol à temperatura ambiente, por 1 hora, com agitação. Na segunda etapa, 6 g de ácido monocloraacético foi adicionado e elevou-se a temperatura para aproximadamente 80 °C, em que a reação ocorreu durante 2 horas e meia. Após terminar a reação, o meio reacional foi filtrado, e neutralizado com ácido acético. A carboximetilcelulose (CMC) sólida obtida foi lavada três vezes com 100 mL de etanol. A CMC obtida foi secada a 70 °C em estufa, até obter massa constante.

Pode-se visualizar procedimento para síntese da carboximetilcelulose baseado no Método 2 de forma resumida no Fluxograma da **Figura 18**.

Figura 18 - Fluxograma de Síntese da carboximetilcelulose (CMC)



Fonte: LIMA (2016) modificado.

3.5. Aplicação da carboximetilcelulose em argamassas

Devido às propriedades anteriormente citadas, vantagem ambiental e econômica, buscou-se aplicar a carboximetilcelulose produzida em argamassa para testar seu desempenho e suas propriedades, preparando três tipos de argamassas colantes com formulações diferentes. Preparou-se a carboximetilcelulose por dois métodos semelhantes, mas que possuem algumas diferenças.

O éter de celulose produzido pelo primeiro método foi aplicado em duas formulações, uma com proporção de 30% de carboximetilcelulose (F1.30), e outra com 100% de carboximetilcelulose (F1.100), isso em relação ao celulósico padrão utilizado. A partir do segundo método, preparou-se outra carboximetilcelulose, que foi aplicada em uma formulação com 30% de carboximetilcelulose (F2.30), também em relação ao celulósico padrão utilizado. Assim, tem-se três tipos de formulações de argamassas colantes para ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time), que reduzem e substituem parcialmente o celulósico padrão utilizado. Entende-se por celulósico padrão o produto disponível comercialmente e que não é sintetizado pela empresa. Para aplicação das carboximetilceluloses sintetizadas nas argamassas colantes, precisou-se peneirar os éteres de celulose finais obtidos para facilitar a incorporação desses éteres às argamassas.

3.6. Tempo em aberto (Quick Open Time)

De acordo com a norma ABNT NBR 14081-1 (2012), o tempo em aberto é o maior intervalo de tempo em que uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante. As argamassas colantes industrializadas são utilizadas no assentamento de placas cerâmicas para assentamento, e podem ser classificadas, segundo a NBR 14081, em quatro tipos: AC I (argamassa colante tipo I), AC II (argamassa colante tipo II), AC III (argamassa colante tipo III) e tipo E (com tempo estendido) (PAIVA, 2016). Essa norma estabelece que para a argamassa do tipo ACI, o tempo em aberto deve ser maior ou igual a 15 minutos; para as argamassas do tipo ACII e ACIII o tempo em aberto deve ser maior ou igual a 20 minutos; e para argamassas do tipo ACI, ACII ou ACIII com tempo em aberto estendido, ele é no mínimo 10 minutos além do especificado como propriedade fundamental.

Para quantificar o ensaio de Tempo em aberto no estado fresco ou Quick Open Time, mede-se e analisa-se a porcentagem da área do tardo das placas cerâmicas preenchida por

argamassa colante. Também pode-se analisar, por exemplo, a facilidade de formação dos cordões, o aspecto dos cordões estendidos e a maneira como o cordão se deformou durante aplicação de energia padronizada para fixação da placa cerâmica (SOUZA et al., 2013).

Segundo a norma ABNT NBR 14081-2 (2012), para realização do ensaio, o laboratório deve apresentar temperatura do ar de 23 ± 2 °C, e umidade relativa do ar de $60 \pm 2\%$, verificadas por meio do termohigrômetro. Pesou-se 1 Kg de argamassa colante preparada para o teste e uma quantidade de água de amassamento que segue a indicações do fabricante. Com as condições do laboratório controladas e os materiais para o teste separados (**Figura 19a**), verteu-se uma pequena quantidade de água no misturador mecânico de argamassa (**Figura 19b**), adicionou-se o material seco pesado e agitou-se no misturador por um período de 30 segundos, adicionando água até ser o adequado para a mistura. Após os 30 segundos no misturador, raspou-se toda a superfície interna do recipiente e da pá, e reunificou-se manualmente a massa durante um período de 60 segundos. Mistura-se novamente no misturador mecânico por mais 60 segundos na velocidade lenta. O material foi coberto com um pano úmido, ficando em maturação durante 10 minutos. Em seguida, ligou-se o equipamento e misturou-se por 15 segundos na velocidade lenta.

Após isso, utilizando-se um substrato-padrão com espessura mínima de 20 mm e dimensões mínimas de (25 X 50) cm, entendeu-se a argamassa preparada sobre o substrato-padrão com o lado liso da desempenadeira em um movimento de vaivém (**Figura 19e**), apoiado firmemente sobre a superfície, a fim de formar uma camada uniforme. Retirou-se e descartou-se o excesso de argamassa retido na desempenadeira. Com o lado denteado da desempenadeira apoiado firmemente sobre o substrato, em um único movimento, formou-se cordões com altura de $(5 \pm 0,5)$ mm no sentido longitudinal do substrato (**Figura 19h**).

Acionou-se o cronômetro, e a cada intervalo de 5 minutos, colocou-se uma placa cerâmica (**Figura 19j**) para revestimento do grupo BIII, com absorção de água de $(15 \pm 3) \%$, segundo a norma ABNT NBR 14081-3 (2012). Essas peças foram cortadas em placas de seção quadrada com (50 ± 1) mm de aresta e estavam devidamente limpas, secas, sem apresentar quebras, imperfeições, resíduos de qualquer espécie no tardo ou engobe. Para fixar essas placas, aplica-se uma energia padronizada através da colocação de massas padrão com $(2 \pm 0,01)$ Kg e de seção quadrada de aproximadamente 50 mm de lado durante 30 segundos (**Figura 19k**). Após 5 minutos do período total de tempo em aberto especificado para a argamassa em teste, arrancou-se as placas cerâmicas do substrato e analisou-se o resultado. Pode-se medir o grau de adesividade da argamassa fresca com a placa cerâmica, por meio da área impregnada,

além de poder observar como o cordão se deformou (SOUZA et al., 2013). Para o caso dessa pesquisa com argamassas em desenvolvimento, em que são testadas formulações com o éter de celulose produzido, o tempo em aberto não é fixo, depende de como a argamassa se comporta.

Todo o procedimento em sequência do ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time) pode ser acompanhado pela **Figura 19** abaixo.

Figura 19 - Procedimento do ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time)

(a) Materiais; (b) Misturador mecânico de argamassa; (c) Primeira porção de argamassa sob o substrato; (d) Início da aplicação; (e) Aplicação; (f) Camada uniforme; (g) Lado denteado da desempenadeira; (h) Formação dos cordões; (i) Cordões formados; (j) Posicionamento das peças; (k) Fixação das peças; (l) Peças cerâmicas fixadas.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)



(k)



(l)

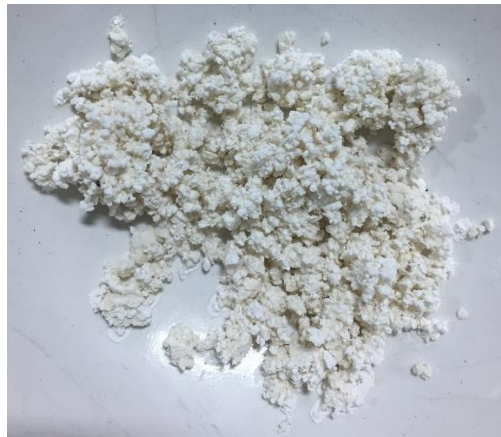
Fonte: Autoria própria (2019).

4. RESULTADOS

4.1. Síntese da carboximetilcelulose

A carboximetilcelulose final obtida pelo primeiro método está exposta na **Figura 20** abaixo.

Figura 20 - Resultado da Síntese da CMC pelo Método 1



Fonte: Autoria própria (2019).

A carboximetilcelulose final obtida pelo segundo método está representada abaixo na **Figura 21**.

Figura 21 - Resultado da Síntese da CMC pelo Método 2



Fonte: Autoria própria (2019).

4.2. Aplicação da carboximetilcelulose em argamassas

Para a adequada aplicação da carboximetilcelulose na formulação de argamassa, necessitou-se peneirar na peneira com abertura de 212 μm , malha 70, possibilitando adicioná-la na mistura seca. Ao peneirar, observa-se o aspecto mostrado na **Figura 22**.

Figura 22 - Carboximetilcelulose (CMC) após peneiramento para aplicação



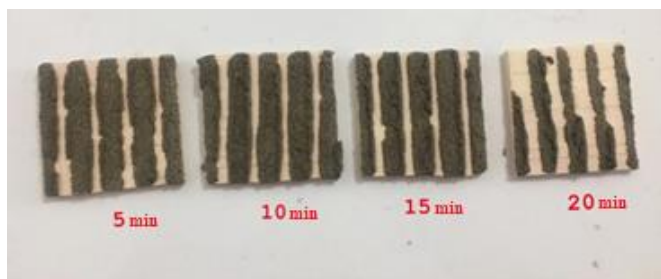
Fonte: Autoria própria (2019).

4.3. Tempo em aberto (Quick Open Time)

No ensaio de Tempo em aberto (Quick Open Time), obteve-se resultados diferentes para cada tipo de formulação de argamassa testada.

Na **Figura 23** abaixo tem-se o resultado do tempo em aberto da ACII que já é comercializada pela empresa BQMIL. Essa, que apresenta um bom tempo em aberto, que corresponde aos 20 minutos estabelecidos pela ABNT NBR 14081-1 (2012). A partir disso, pode-se analisar e comparar melhor os resultados obtidos de tempo em aberto pelas argamassas colantes com formulações de teste.

Figura 23 - Tempo em aberto da argamassa ACII padrão da BQMIL



Fonte: Autoria própria (2019).

Na **Figura 24**, pode-se visualizar o resultado do tempo em aberto da argamassa colante F1.30, em que se percebe uma boa trabalhabilidade, percepção, viscosidade, retenção de água, aplicação da argamassa e adesão do produto à peça cerâmica. Tem-se um resultado satisfatório para um tempo em aberto de 20 minutos, tempo mínimo requerido para ACII.

Figura 24 - Tempo em aberto da argamassa colante F1.30

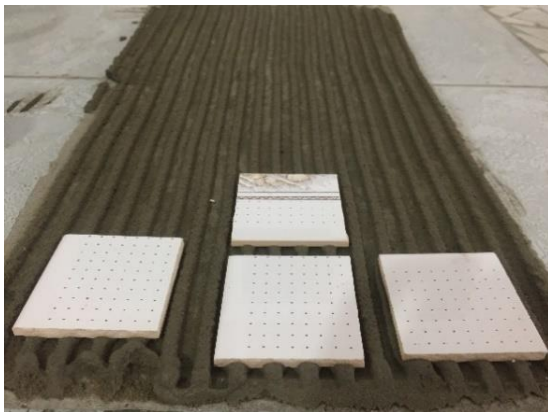
(a) Percepção da AC de formulação F1.30; (b) Cordões formados pela AC F1.30; (c) Peças cerâmicas fixadas na AC F1.30 e (d) Resultado final do tempo em aberto da AC F1.30



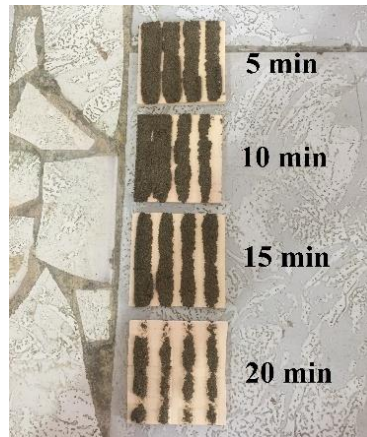
(a)



(b)



(c)



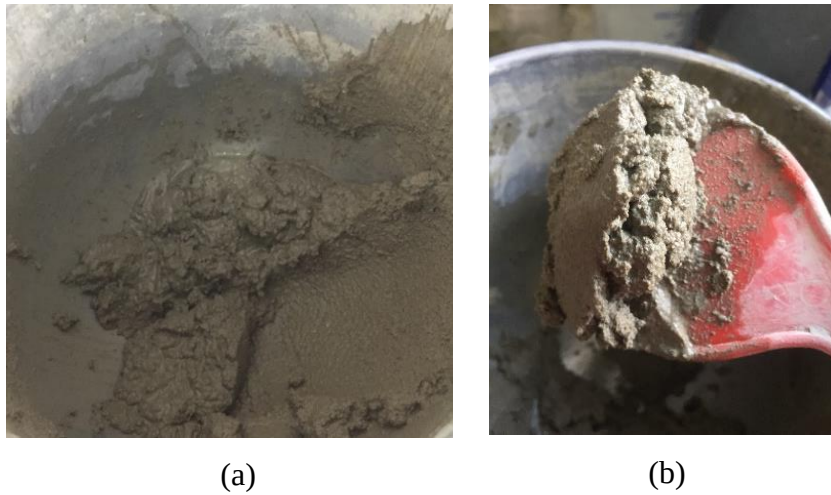
(d)

Fonte: Autoria própria (2019).

Na **Figura 25** abaixo, tem-se o resultado do tempo em aberto da argamassa colante F1.100. Nesse, não se percebe uma boa trabalhabilidade e percepção, não sendo possível estender a argamassa sobre o substrato e puxar os cordões, consequentemente não apresentou boa adesão às peças cerâmicas. Assim, não se fez viável o uso da carboximetilcelulose produzida pelo primeiro método como substituição total (100%) do celulósico padrão.

Figura 25 - Tempo em aberto da argamassa colante F1.100

(a) Percepção da AC F1.100 e (b) Aparência da AC F1.100 de forma aproximada

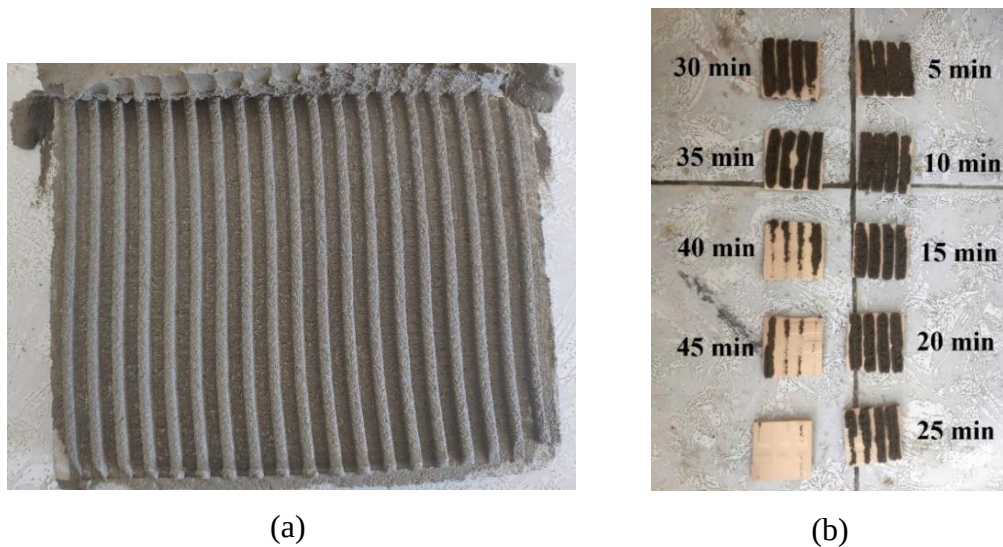


Fonte: Autoria própria (2019).

Por fim, na **Figura 26**, observa-se o resultado do tempo em aberto da argamassa colante F2.30. Nesse caso, tem-se uma boa trabalhabilidade, percepção, viscosidade, retenção de água, aplicação da argamassa e excelente adesão às peças cerâmicas. Obteve-se um tempo em aberto de até 45 minutos, apresentando-se mais satisfatório do que o esperado, pois atende a um tempo em aberto bem maior do que o requerido pela norma para a ACII. O que está vinculado a carboximetilcelulose aplicada, que apresentou propriedades com desempenho extremamente eficaz.

Figura 26 - Tempo em aberto da argamassa colante F2.30

(a) Cordões formados na AC F2.30 e (b) Resultado final do tempo em aberto da AC F2.30



Fonte: Autoria própria (2019).

5. CONCLUSÃO

Nesse estudo, pode-se sintetizar a carboximetilcelulose, éter de celulose desejado, aplicá-la em argamassas e testar seu desempenho e suas propriedades por meio do ensaio de Tempo em aberto no estado fresco. O éter de celulose foi produzido por dois métodos, resultando em dois tipos diferentes de carboximetilcelulose, o que levou ao teste de três formulações diferentes de argamassas colantes. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a carboximetilcelulose produzida pelo segundo método testado apresentou melhor desempenho e possui melhores propriedades. E esse éter de celulose, sendo aplicado em proporção de 30% (F2.30) em relação ao celulósico padrão utilizado na argamassa já foi suficiente para gerar um excelente resultado de Tempo em aberto (Quick Open Time), com um tempo total maior do que o esperado, de 45 minutos. Sendo a F2.30 a melhor formulação entre as três testadas. Isso está relacionado a carboximetilcelulose aplicada nessa formulação, que mostrou propriedades bastante eficientes de agente reológico, retentor de água, promotor de adesão, modificador de viscosidade e antissedimentante. Ela gerou uma argamassa colante com melhor trabalhabilidade, percepção, viscosidade, capacidade de retenção de água e excelente adesão às peças cerâmicas. Além disso, reduziria o custo da argamassa, pois uma porcentagem do celulósico utilizado foi produzido pela própria empresa, esse que é o insumo mais oneroso da formulação.

REFERÊNCIAS

ADINUGRAHA, M. P.; MARSENO, D. W. Synthesis and characterization of sodium carboxymethylcellulose from cavendish banana pseudo stem, **Carbohydrate Polymers** v.62 p.164–169, 2005. Disponível em: < Synthesis and characterization of sodium carboxymethylcellulose from cavendish banana pseudo stem>. Acesso em: 5 dez. 2019.

ALVES JUNIOR, Reinaldo Vieira. **Revisão do estado da arte sobre argamassas de revestimentos. Propriedades no estado fresco e endurecido. Projeto e execução - análise de exemplo prático.** 2010. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

ARAÚJO, J. R.; WALDMAN, W. R.; PAOLI, M. A. DE; **Polym. Degrad. Stab.**, vol. 93, p. 1770, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1**: Argamassa colante

industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-2**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 2: Execução do substrato- padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-3**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BAIN & COMPANY; GAS ENERGY; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). **Potencial de diversificação da indústria química Brasileira: Relatório 6: Derivados de celulose**. Rio de Janeiro: Bain & Company, 2014. 63 p.

BARBA, C. et al. Synthesis and characterizations of carboxymethylcellulose (CMC) from non-woods fibers I. Accessibility of cellulose fibers and CMC synthesis. **Cellulose**. v.9, p. 319-326, 2002. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1021184509189>> Acesso em: 05 dez. 2019.

BAUER, F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 409 p.

BEKKOUR, K.; BENCHABANE, A. Rheological properties of carboxymethylcellulose (CMC) solutions. **Colloid Polym Sci** 286: 1173 – 1180, 2008.

BENTZ, D. P., HAECKER, C.-J., PELTZ, M. A., SNYDER, K. A. X-ray absorption studies of drying of cementitious tile adhesive mortars. **Cement and Concrete Composites**, v. 30, p. 361-373, 2008.

BIAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. Panorama de mercado: celulose. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, p.311-370, set. 2010. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1763>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

BONO, A., YING, P. H., YAN, F. Y., MUEI, C. L., SARBATLY, R. And KRISHNAIAH, D., Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from palm kernel cake. **Advances in Natural and Applied Sciences**, 3 (1), pp. 5-11, 2009. Disponível em: <<http://www.aensiweb.com/old/anas/2009/5-11.pdf>> Acesso em: 05 dez 2019.

CAMPANTE, E. F; BAÍIA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. 104 p.

CARASEK, H. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007.

COPETTI, C. M. **Avaliação das propriedades do concreto com adição de resíduo do processo de recapagem de pneu**. 2016. 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/4072>. Acesso em: 5 dez. 2019.

CRUZ, S. F. **Síntese e caracterização da metilcelulose produzida a partir do caroço de manga para aplicação como aditivo em argamassas**. 2011. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

DIAS, L. S. **Rejeito de mineração de quartzito como agregado para produção de argamassa colante**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: https://www.propec.ufop.br/uploads/propec_2016/teses/arquivos/dissertacao-luma-dias-2017.pdf. Acesso em: 5 dez. 2019.

FARIA, K. C. P., GURGEL, R. F., HOLANDA, J. N. F. Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks. **Journal of Environmental Management**, v. 101, p. 07-12, 2012.

FERREIRA JUNIOR, M. F. **Reciclagem química do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de membranas assimétricas de diacetato de celulose**. 2009. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

GOMES, V. L. L. **Efeito da adição de diatomita no comportamento reológico e mecânico de argamassas colantes**. 2013. 138 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15604>. Acesso em: 5 dez. 2019.

KHAYAT, K. H. Viscosity-Enhancing admixtures for cement-based materials – an overview. **Cement and Concrete Composites**, v. 20, p. 171-188, 1998.

KNAPEN, E., GEMERT, D. V. Cement hydration and microstructure formation in the presence of water-soluble polymers. **Cement and Concrete Research**, v. 39, p. 6-13, 2009.

LATIF, A. T., ANWAR, and S. Noor. Two step synthesis and characterization of carboxymethylcellulose from rayon grade wood pulp and cotton linter. **Jour. Chem. Soc. Pak**,

vol. 29, no. 2, pp. 143-150, 2007. Disponível em: <
[https://www.researchgate.net/publication/279900816_Two-
step_synthesis_and_characterization_of_carboxymethylcellulose_from_rayon_grade_wood_p
ulp_and_cotton_linter](https://www.researchgate.net/publication/279900816_Two-step_synthesis_and_characterization_of_carboxymethylcellulose_from_rayon_grade_wood_pulp_and_cotton_linter)>. Acesso em: 5 dez. 2019.

LIMA, Ramoni Renan Silva de. **Síntese e Aplicação de Aditivos Provenientes de Material Lignocelulósico Residual em Fluidos de Perfuração de Poços de Petróleo**. 2016. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Química do Petróleo, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

MACIEL, L. L.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4 ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008. 88p.

MAJEWICZ, T. G.; JUST, E. K. Cellulose ethers, In: Mark, Herman F. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, New York: Wiley- Interscience; p. 507-532, 2004.

MARSON, Guilherme Andrade. **Acilação de Celulose em Meio Homogêneo**. 1999. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MEIRELES, C. S., RODRIGUES FILHO, G., FERREIRA JR, M. F., CERQUEIRA, D. A., ASSUNÇÃO, R. M. N., RIBEIRO, E. A., POLETTO, P., ZENI, M.. Characterization of asymmetric membranes of cellulose acetate from biomass: Newspaper and mango seed, **Carbohydrate Polymers**, v. 80, p. 954-961, 2010.

MERCÊ, A. L. R. et al. Caracterização por UV-Vis e Infravermelho de Complexos de Carboximetilcelulose (CMC) e os Íons Metálicos Zn^{2+} e Mn^{2+} . In: **30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 30., 2007, Águas de Lindóia. Resumos... Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.

NASCIMENTO, B. **Síntese e caracterização do sulfato de acetato de celulose, obtido do bagaço de cana-de-açúcar, para aplicação como aditivo na construção civil**. 2010. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

PAIVA, Fayruzy Costa. **Controle de Qualidade das argamassas colantes industrializadas para assentamento de placas cerâmicas**. 2016. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Agrotecnologia e Ciências Sociais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

PEREIRA, E. **Química dos Polímeros e Aplicações** – Partes I, II, III e IV, 2002. Disponível em: <www.systemmud.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2019.

POGGIALI, F. S. J. **Desempenho de microconcretos fabricados com cimento Portland com adições de cinza de bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

POURCHEZ, J.; GROSSEAU, P.; GUYONNET, R.; RUOT, B. HEC influence on cement hydration measured by conductometry. **Cement and Concrete Research**, v. 36, p. 1777-1780, 2006.

PÓVOAS, Yêda Vieira. **Tempo em Aberto da Argamassa Colante: Método de Medida e Influência dos Aditivos HEC e Resina PVAc**. 1999. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RODRIGUES FILHO, G.; ASSUNÇÃO, R.M.N.; VIEIRA, J. G.; MEIRELES, C.S.; CERQUEIRA, D. A.; BARUD, H. S.; RIBEIRO, S. J. L.; MESSADDEQ, Y. Characterization of methylcellulose produced from sugar cane bagasse cellulose: Crystallinity and thermal properties. **Polymer Degradation and Stability**, v.92, n.2, p. 205-210, 2007.

SILVA, Amanda Alfredo da. **Formulação de argamassa colante industrializada conforme critérios exigidos pela NBR 14081**. 2019. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019.

SILVA, D. A.; MONTEIRO, P. J. M. The influence of polymers on the hydration of portland cement phases analysed by soft X-ray transmission microscopy. **Cement and Concrete Research**, v. 36, p. 1501-1507, 2006.

SILVA, D.M.. Obtenção de derivado de celulose a partir do bagaço de cana-de-açúcar com potencial aplicação nas indústrias farmacêutica e cosmética. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, São Paulo, v. 32, p.41-45, 2011. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/1210/1044>. Acesso em: 05 dez. 2019.

SILVA, T. J., RESENDE, K. K., MOTTA, L. A. C., VIEIRA, J. G., ASSUNÇÃO, R. M. **Estudo da aplicação do poliestireno sulfonado produzido a partir de copos plásticos descartados como aditivo plastificante em concretos**. In: Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, 2009, Curitiba.

SOUZA, Lucas Peres de et al. Avaliação do Tempo em aberto (Quick Open Time) de argamassas colantes através do ensaio modificado de retenção de água. In: **X Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, 2013, Fortaleza. Disponível em: <<https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/558-avaliacao-do-tempo-em-aberto-quick-open-time-de-argamassas-colantes-atraves-do-ensaio-modificado-de-retencao-de-agua>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

TARPANI, R. R. Z. **Remoção de alumínio monomérico de água para abastecimento através da ação da carboximetilcelulose e da quitina**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

VIDAL, André Carvalho Foster. O renascimento de um mercado: o setor de celulose solúvel. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 38, p.79-129, set. 2013. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2181>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

VIEIRA, J. G. **Síntese e caracterização da metilcelulose, a partir do bagaço de cana-de-açúcar, para utilização como aditivo na construção civil**. 2009. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

VIEIRA, Júlia Graciele. **Produção da metilcelulose a partir da celulose do bagaço de cana-de-açúcar usando dois agentes metilantes: sulfato de dimetila e iodometano, para aplicação como aditivo na formulação de argamassas**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

VIEIRA, M. N.; J. G.; MEIRELES, C. S.; CERQUEIRA, D. A.; SILVA, W. G.; MOTTA, L. A. C. Production, characterization and evaluation of methylcellulose from sugarcane bagasse for applications as viscosity enhancing a dmixture for cement based material. **Carbohydrate Polymer**, v. 8, n.1, p. 779-783, 2009.

VIEIRA, M. C., KLEMM, D., EINFELDT, L., ALBRECHT, G. Dispersing agents for cement based on modified polysaccharides. **Cement and Concrete Research**, v. 35, p. 883- 890, 2005.

VIEIRA, R.G.P. **Síntese e caracterização da metilcelulose a partir da metilação heterogênea do bagaço de cana de açúcar**. 57 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

XUE, J.; NGADI, M. Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with different flour combinations. **Food**

Hydrocolloids, v. 23, n.1, p. 286-295, 2009.

YE, D.Y. and FARRIOL, X. Preparation and characterization of methylcelluloses from some annual plant pulps. **Industrial Crops and Products**, v. 26, n. 1, p. 54–62, 2007.