

CARACTERIZAÇÃO DE UMA MEMBRANA DE CARBOXIMETILCELULOSE CICATRIZANTE DE LESÕES DE PELE*

Sheila Barbosa Paranhos¹
Elisângela da Silva Ferreira²
Simone Patrícia Aranha da Paz³
Sérgio Monteiro Neves⁴
Alisson Clay Rios da Silva⁵
Verônica Scarpini Cândido⁶

Resumo

Pensando na complexidade no tratamento de lesão de pele em pacientes hospitalizados, buscou-se materiais de fonte naturais ou sintéticos, com propriedades mecânicas e biológicas adequados para proteção na pele e, que contribua na cicatrização das lesões. Os materiais poliméricos são ideais para a construção de um biomaterial devido suas propriedades serem adequadas para a aplicação em curativos. A carboximetilcelulose, um polímero derivado da celulose, é utilizado como base de curativos e coberturas como cicatrizantes de lesões de pele. Desse modo, este trabalho tem como objetivo estudar as características microestruturais da membrana de carboximetilcelulose comercial. Neste estudo, utilizamos para análise o Duoderm CGC extra fino, um biomaterial para curativos a base de carboximetilcelulose. O material foi submetido as análises de difratograma de raio X (DRX) e espectroscopia na faixa do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Os resultados evidenciados no DRX demonstraram que o material era de natureza amorfa e não apresentou picos e bandas. O FTIR permitiu a detecção de um maior conjunto de variáveis de bandas espectrais compreendidas no intervalo de aproximadamente 3888-1547 atribuindo o material como orgânico. Pode-se inferir que este trabalho possibilitou conhecer a microestrutura do material, sendo essencial para desenvolvimento de curativos

Palavras-chave: Carboximetilcelulose; Lesão de pele; Biomaterial; Cicatrização.

CHARACTERIZATION OF A MEMBRANE OF SKIN INJURY CARBOXYMETHYL CELLULOSE

Abstract

Considering the complexity in the treatment of skin lesion in hospitalized patients, we searched for natural or synthetic source materials with adequate mechanical and biological properties for protection in the skin and that contribute to the healing of the lesions. The polymeric materials are ideal for the construction of a biomaterial because their properties are suitable for application in dressings. Carboxymethylcellulose, a cellulose-derived polymer, is used as the basis for dressings and toppings as healing of skin lesions. Thus, this work aims to study the microstructural characteristics of the membrane of commercial carboxymethylcellulose. In this study, we used for analysis the extra fine CGC Duoderm, a biomaterial for carboxymethylcellulose based dressings. The material was submitted to X-ray diffraction (XRD) and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. The results evidenced in the XRD showed that the material was amorphous in nature and did not present peaks and bands. The FTIR allowed the detection of a larger set of spectral band variables within the range of approximately 3888-1547 assigning the material as organic. It can be inferred that this work made it possible to know the microstructure of the material, being essential for the development of dressings.

Keywords: Carboxymethylcellulose; Skin Injury; Biomaterial; Healing.

- ¹ *Enfermeira, mestre/doutoranda, docente, Faculdade de Enfermagem, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.*
- ² *Enfermeira, mestre/doutoranda, docente, Faculdade de Enfermagem, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil*
- ³ *Engenheira Química, doutora, docente, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro metalúrgico, doutor, docente, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ⁵ *Químico Industrial, doutor, docente, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.*
- ⁶ *Bióloga, doutora, docente, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Os biomateriais são desenvolvidos para atender as necessidades específicas da área médica com a finalidade de substituir, recuperar ou estimular o funcionamento de um órgão ou tecido, de modo ao entrar em contato com o organismo humano seja funcional, compatível e não cause toxicidade. Os biomateriais são utilizados para a melhoria da qualidade de vida humana com várias aplicações na área da saúde, inclusive para curativos, podendo ser constituídos de compostos de origem sintética ou natural, assim como de materiais naturais quimicamente modificados [1].

Pensando na complexidade do tratamento de lesão de pele em pacientes hospitalizados, surge a necessidade de encontrar materiais de fonte naturais ou sintéticos com propriedades mecânicas e biológicas atuantes na proteção da pele, e, que contribua no processo de cicatrização da ferida.

Os materiais poliméricos são ideais para a construção de um biomaterial devido suas propriedades serem adequadas para a aplicação em curativos. Os polímeros possuem características como: biodegradabilidade, biocompatibilidade e facilidade de absorção de secreções [2].

Entre várias alternativas de polímeros naturais, a celulose e seus derivados têm sido amplamente utilizados como fonte natural para a produção de hidrogéis e compósitos em muitos campos, incluindo curativos, distribuição de medicamentos e engenharia de tecidos [3].

A celulose é um homopolímero linear composto por unidades de β -D-glicopirranose unidas por ligações glicosídicas, possuindo regiões amorfas e cristalinas, onde as microfibrilas estão orientadas randomicamente ou em feixes paralelos ao longo da direção das fibras de celulose, respectivamente. Os três tipos de grupos hidroxilas disponíveis na unidade anidroglicose da celulose permitem facilmente a ancoragem de diferentes funções químicas que poderão melhorar a morfologia e as propriedades térmicas e mecânicas dos produtos obtidos [4].

A Carboximetilcelulose (CMC) é um polímero biocompatível hidrofílico obtido através da modificação química da celulose, sendo constituído por um grupo carboximetilo ligado ao esqueleto polissacarídico, tornando-o um polieletrólito. Além disso, foi identificado como um material de celulose inteligente como as suas propriedades, tais como a forma, a rigidez mecânica e porosidade pode ser modificado de uma maneira controlada[5].

A carboximetilcelulose (CMC), produzida pelo tratamento da celulose com base e ácido monocloroacético, tem inúmeras aplicações na indústria alimentícia, têxtil, de papel, de cuidados pessoais, farmacêutica, detergente e de adesivos devido às suas propriedades como estabilizador de emulsões ou modificador de viscosidade[6].

Devido suas propriedades, a carboximetilcelulose, como base de curativos e coberturas, são utilizadas como cicatrizantes de lesões de pele. De acordo com Ferreira e colaboradores essas lesões podem ser oriundas de queimaduras, traumatismos, infecções e doenças auto-imunes e de tratamento, por vezes bastante complexos. Esses autores afirmam que os materiais sintéticos ou biológicos podem ser alternativas para substitutos cutâneos levando em consideração a camada da pele a ser substituída, durabilidade do leito da ferida e origem do material constituinte[7].

Dessa maneira curativos de carboximetilcelulose frequentemente são usados como um curativo de contato altamente absorvente por sua eficácia no manejo do exsudato e interação não traumática com o leito da ferida, comumente conhecida como curativos de fibras de hidrofibra ou gelificação[8].

Para tanto, este estudo tem como objetivo estudar as propriedades microestruturais de um curativo comercial a base de carboximetilcelulose.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS

Neste estudo utilizou-se para análise Duoderm^R CGF^R extra fino, um material de curativo comercial estéril, hidrocolóide, composta de carboximetilcelulose sódica, da marca Convatec, conforme ilustra na **Figura 1**.



Figura 1. Duoderm^R CGF^R Extra Fino constituído de Carboximetilcelulose

2.2 MÉTODOS

Neste estudo, a membrana de carboximetilcelulose foi submetida aos testes de Difração de Raio X (DRX) e Espectroscopia de Infravermelho Transformada de Fourier (FTIR). Laboratório de Caracterização de materiais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.

As análises por DRX foram realizadas no Difratorômetro de Raios-X (DXR) modelo Epyrean da PANalytical, tubos de raios-X cerâmico de anodo de Co ($K\alpha_1 = 1,789010 \text{ \AA}$), foco fino longo, filtro $K\beta$ de Fe, detector PIXCEL3D-Medpix3 1x1, modo scanning, com voltagem de 40 kV, corrente de 35mA, tamanho do passo $0,0263^\circ$ em 2θ , varredura de $3,00^\circ$ a $95,00^\circ$ em 2θ , tempo/passo de 59,92s, fenda divergente: $1/8^\circ$ e anti-espalhamento: $1/4^\circ$, máscara: 10 mm.

A amostra da membrana de carboximetilcelulose foi devidamente preparada por meio do uso de um material cortante, transformando-a em pequenas partes para a obtenção da análise DRX.

Um banco de dados contendo informações cristalográficas básicas e algumas propriedades físicas de compostos cristalinos é mantido e continuam sendo atualizados pelo ICDD (*International Center for Diffraction Data*), com sede nos Estados Unidos da América – EUA. Atualmente são disponíveis informações referentes a mais de 70.000 compostos cristalinos, sendo que as mais importantes, para fins de identificação de um composto cristalino, são as distâncias interplanares e as intensidades difratadas normalizadas (relativas a 100%) para os vários planos (hkl) que difratam construtivamente os raios-X.

A análise qualitativa do DRX foi realizada através do software X'Pert Highscore Plus e base PDF2.

Os espectros no infravermelho da amostra analisada foram obtidos por reflectância total atenuada (ATR), utilizando-se um espectrômetro da marca

Thermo, modelo Nicolet iS50 FT-IR, na região espectral de 4000-400 cm^{-1} , a 100 scans e resolução de 4 cm^{-1} . A aquisição dos dados foram realizadas através do software OMNIC. E como pré-tratamento, as amostras foram secas a 40 °C por 24 horas.

Os resultados evidenciados no difratograma de raios-X demonstrou que a membrana de CMC não possui estrutura cristalina, pois não obtiveram picos de difração, caracterizando o material como amorfo, como demonstra-se na figura 2.

Gaihre e Jayasuriya[9] verificaram em seus estudos que o espectro de DRX da micropartícula de CMC reticuladas com íons de zircônio, mostraram-se amorfo, mesmo sendo a zircônia de natureza cristalina e com picos de difração acentuados. No entanto, mostraram picos amplos e não obtiveram picos de difração. Isto sugeriu que o zircônio presente na micropartícula de CMC estava no estado amorfo. Dessa maneira o estudo mostrou que a adição de zircônio aprimorou a estabilidade mecânica e a rugosidade da CMC, além disso contribuiu para a indução da ligação de osteoblastos na micropartícula e aumento da proliferação de osteoblastos[9].

O resultado de difração de Raio-X do estudo em questão assemelha-se com o resultado do estudo de Yadav, Rhee e Parque[10]. Os autores analisaram a difração dos nanocompósitos de óxido de ferro (OF), alginato(Alg) e CMC, e identificaram que a mistura pura de CMC / Alg não mostrou picos claros em seu padrão DRX devido à sua estrutura amorfa, e manteve-se a fase inalterada mesmo com a incorporação de 1% de peso de óxido de ferro, que mostrou picos fortes de difração. Dessa maneira, a mistura CMC e alginato obtiveram um pico ampliado em cerca de 21,67 ° indicando a existência de uma estrutura amorfa[10].

O padrão de DRX de Nanocompósitos de CMC com dióxido de estanho (SnO_2) foi comparado com a difração de raio X de CMC. Constatou-se no estudo de Baniasad e Ghorbani[11] que o padrão DRX de CMC não tem estrutura cristalina, enquanto o padrão para os nanocompósitos possuíam fortes picos, demonstrando estrutura cristalina sem qualquer fase amorfa. Esta cristalinidade resulta da introdução de nanopartículas de SnO_2 , melhorando a estabilidade térmica da CMC[11].

Foram comparados a estrutura cristalina da casca de abacaxi, da CMC da casca de abacaxi e CMC da casca de abacaxi com carclazito. Evidenciou-se nos estudos de Dai e Huang[12] que os picos de difração na casca de abacaxi corresponderam a picos cristalinos característicos da celulose I da natureza. No entanto, quando comparado com CMC da casca de abacaxi, houve um amplo pico de difração com diminuição de intensidade devido a carboximetilação implicando na destruição cristalina da casca do abacaxi original e a possível mudança da estrutura da celulose I para celulose II. A CMC com carclazito exibiu significativamente uma difração muito ampla e fraca correspondendo a mudança de fase cristalina para fase amorfa. Desse modo, a incorporação de carclazito na casca de abacaxi de CMC resultou em maior absorção[12].

Mediante disso, podemos inferir que as propriedades físicos-químicas e biológicas de carboximetilcelulose pode ser melhorada de uma maneira controlada, tornando-a promissora no campo de biomateriais.

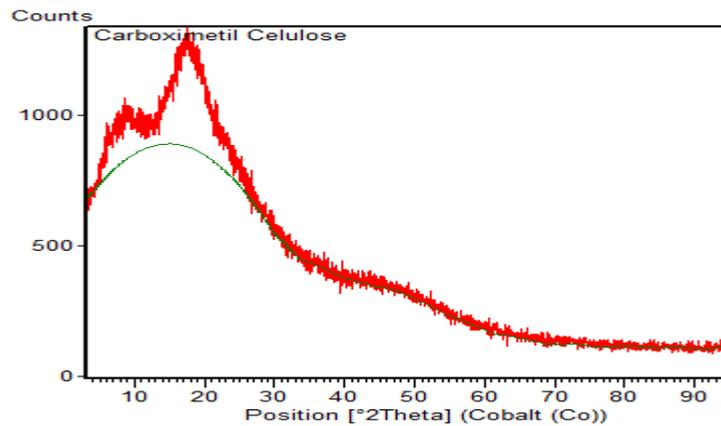


Figura 2. Difratograma de Raios-X da Carboximetilcelulose

A espectroscopia vibracional na região do infravermelho, entre $4000-400\text{cm}^{-1}$, foi obtida por transmitância e permitiu a identificação de grupos funcionais presentes na amostra da membrana de carboximetilcelulose, conforme mostra figura 3.

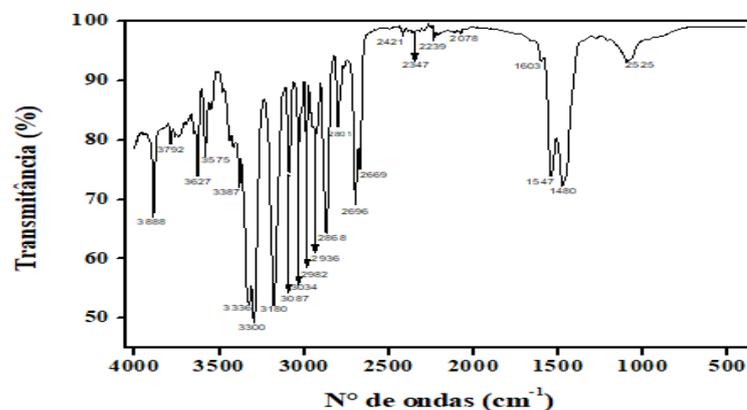


Figura 3. Espectro na região do infravermelho da membrana de carboximetilcelulose comercial na região de $4000-400\text{cm}^{-1}$.

A análise visual dos espectros de FTIR do estudo da CMC permitiu a detecção de um maior conjunto de variáveis de bandas espectrais compreendidas no intervalo de aproximadamente $3336-1480\text{cm}^{-1}$, os quais sugere material de natureza orgânica.

As bandas de absorção no intervalo de $3888-3300\text{cm}^{-1}$ são atribuídos ao agrupamento hidroxila (OH). Não evidenciou-se pico amplo de vibração de alongamento da ligação OH nos intervalos $3700-3300\text{cm}^{-1}$ característicos de material polimérico quando comparado com outros estudos. O espectro exibe três picos fortes de absorção em mais ou menos $3336-3300\text{cm}^{-1}$ e 3180cm^{-1} .

Observou-se picos a $3000-2800\text{cm}^{-1}$ relacionado a vibração do Carbono (C) e bandas de hidrogênio (H). Uma banda a 2982cm^{-1} que pode ser atribuído à frequência de estiramento dos grupos CH e um pico a 1603cm^{-1} devido à vibração de alongamento assimétrico dos grupos carboxilato. Pôde-se observar bandas vibracionais relacionadas aos trechos de carboxilatos (COO^-) assimétricos (1603cm^{-1}) e simétricos ($1547-1480\text{cm}^{-1}$) que de acordo com estudos estão sobrepostos à banda de água adsorvida nos intervalos $1630-1650\text{cm}^{-1}$.

Notou-se que a forma ácida da CMC não foi detectada devido a ausência das bandas características dos grupos carboxila (COOH) usualmente observadas em

1715-1730 cm^{-1} , as quais são atribuídas à vibração de alongamento anti-simétrico de Carbono e Oxigênio e alongamento Carbono e Oxigênio respectivamente.

Foi observado no estudo de Gaihre e Jayasuriya[9] que o espectro de infravermelho do CMC mostrou um pico amplo a 3445 cm^{-1} , que é atribuído a vibração de alongamento da ligação OH e um pico a 2909 cm^{-1} relacionado ao estiramento da ligação CH. As bandas que aparecem a 1616 cm^{-1} e 1420 cm^{-1} representam a vibração assimétrica e simétrica do carboxilato (COO^-)[9].

Estudos similares ocorreram ao analisar o espectro infravermelho do CMC que exibiu uma banda larga centrada em 3450 cm^{-1} sendo característicos da vibração de alongamento da ligação OH, uma banda a 2980 cm^{-1} que pode estar relacionado à frequência de estiramento dos grupos CH e um pico a 1602 cm^{-1} devido a vibração de alongamento assimétrico dos grupos carboxilatos. Além disso, um pico a 1420 cm^{-1} pode ser atribuído a ambos COO^- vibração de alongamento simétrica e tesoura CH_2 e o pico a 1330 cm^{-1} pode estar relacionado com a vibração de flexão do grupo OH. A banda intensa a 1072 cm^{-1} pode ser atribuída aos grupos éter do polissacarídeo[13].

Evidenciou-se que a CMC apresenta espectros similares como uma tendência comum a polímeros. Conforme mostra no estudo de Capanema e colaboradores[3], o qual observou-se a banda larga na região de 3700-3000 cm^{-1} atribuída às vibrações do grupamento hidroxila e os picos a 3000-2800 cm^{-1} relacionadas às vibrações de Carbono e bandas para hidrogênio. Pôde-se observar as principais bandas vibracionais relacionadas aos trechos de carboxilatos (COO^-) assimétricos (1600 cm^{-1}) e simétricos (1416 cm^{-1} e 1324 cm^{-1}), sobrepostos à banda de água adsorvida (1630 -1650 cm^{-1}). A forma ácida da CMC não foi detectada na amostra de pó devido à ausência das bandas características dos grupos carboxila (COOH) usualmente observadas em 1715-1730 cm^{-1} e 1240-1250 cm^{-1} , as quais são atribuídas à vibração de alongamento anti-simétrico de Carbono e Oxigênio e alongamento de Carbono e Oxigênio, respectivamente. As vibrações de Carbono e Oxigênio de álcoois primários e secundários foram observadas a 1110 cm^{-1} (C_2OH), 1060 cm^{-1} (C_6OH). Ligações glicosídicas β 1-4 entre unidades de glicose foram detectadas a 898 cm^{-1} [3].

No estudo de Gulsonbi e colaboradores[14] a banda 3432 cm^{-1} é correspondente aos grupos hidroxila e carboxila da CMC, normalmente, a vibração de alongamento de grupos éster de CMC é observada a 1603 cm^{-1} . Notou-se que depois da formação do hidrogel usando CMC, as posições de pico nos espectros de FTIR aumentaram consideravelmente de 3432, 1603 para 3477, 1640 cm^{-1} [14].

O espectro da CMC pura, no estudo de Hashem e colaboradores[15] mostrou uma ampla faixa de absorção a 3432 cm^{-1} , devido à frequência de -OH e uma banda a 2920 cm^{-1} atribuível a vibração de alongamento de CH. A presença forte da banda de absorção a 1605 cm^{-1} confirma a presença do grupo COO^- . As bandas por volta de 1420 cm^{-1} e 1320 cm^{-1} são atribuídos a tesoura CH_2 e à vibração de flexão de OH, respectivamente. A banda a 1030 cm^{-1} deve-se ao maior estiramento do grupo do éter carboximetílico CHOCH_2 . O espectro do hidrogel de CMC / policarboxílico mostra claramente a presença das bandas característicade de seus componentes de origem. O grupo carboximetil é característico da banda de maior alongamento de éter CHOCH_2 para CMC aparece em 1030 cm^{-1} . Além disso, o pico apareceu em 1709 cm^{-1} e 1612 cm^{-1} foram atribuído às vibrações do grupo carboxilo[15].

Análises espectrais de FTIR de CMC foram realizadas no estudo de Saber-Samandari e colaboradores [16] com a finalidade de confirmar o enxerto de ácido acrílico na CMC e a presença de bentonita na estrutura das membranas do

nanocompósito. Verificou-se pico forte de absorção, que está relacionado com os grupos hidroxila, passou de 3500 para 3450 cm^{-1} em todos os espectros. Essa mudança é devida a formação de interações de pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxila de CMC, ácido acrílico, sílica gel e bentonite. A intensidade do pico aumentaram à medida que a quantidade de bentonite aumentou. O pico a 2924 cm^{-1} é atribuído à vibração de alongamento C e H da estrutura de CMC e CMC enxertado poliácido acrílico. Ocorreu um pico forte e amplo de aproximadamente 1082 cm^{-1} devido ao C e O e C na estrutura de CMC. A intensidade de uma banda em 1724 cm^{-1} , que está relacionado com o estiramento livre de carbonila do grupos ácido carboxílico, diminuídos conforme a quantidade de bentonita aumentou, o que se deve ao aumento das interações com a bentonita. Os dois picos na faixa de 1600 e 1700 cm^{-1} foram devidas às bandas vibracionais características de alongamento de O e Si e O em sílica gel e Si e O e Si em bentonita. Além disso, três vibrações de flexão foram considerado a 915 cm^{-1} (Al e Al e OH), 875 cm^{-1} (Al e Fe e OH) e 836 cm^{-1} (Al e Mg e OH), que foram devidos à associação dos grupo hidroxila da bentonita com cátions Al (onde Al é um cátion octaédrico), reafirmando a presença de bentonita. Além disso, bandas de 1028 cm^{-1} e 519 cm^{-1} indica o alongamento de Si e O e a flexão de vibração de bentonita, respectivamente[16].

A partir dos espectros de FTIR da CMC, Yadav, Rhee e Parque[10] obtiveram em seus resultados uma ampla faixa de absorção a 3450,61 cm^{-1} devido à frequência de estiramento do grupo -OH. A faixa a 2928,57 cm^{-1} correspondeu a um alongamento vibração de C-H enquanto a presença de uma banda de absorção forte em 1597,79 cm^{-1} confirmou a presença de grupamento COO-. As bandas em torno de 1419,07 e 1328,25 cm^{-1} são atribuídas as vibrações de flexão-CH₂ e -OH, respectivamente, e a faixa de 1059,95 cm^{-1} é devida ao maior alongamento CH - O - CH₂[10].

De acordo com estudos de Baniasad e Ghorbani[11], os espectros de FTIR dos nanocompósitos CMC e CMC / SnO₂ revelaram picos localizados em 2930 e 2920 cm^{-1} pode ser atribuído as vibrações de alongamento de C-H. O pico subscrito em torno de 3425 cm^{-1} e o de 1640 cm^{-1} em todas as amostras podem ser atribuído às vibrações de alongamento de grupos -OH, respectivamente, devido a umidade nas amostras ou a água adsorvida durante a preparação da amostra. Bandas localizado em 1424, 1062 e 1614 cm^{-1} correspondem à vibração de tesoura -CH₂, CH-OCH₂ e vibrações de alongamento do grupamento (COO-), respectivamente. Além disso, os picos em 504 e 826 cm^{-1} também contribuem para as vibrações C-H. Estes picos confirmaram a presença de grupos carboxílicos em nanocompósitos sintetizados CMC e CMC / SnO₂. Além disso, o pico intenso em 625 cm^{-1} em amostras de nanocompósitos é atribuída vibrações anti-simétrico Sn-O-Sn que é a banda característica de nanopartículas de SnO₂[11]

Para fins de interpretação, os espectros de CMC podem ser divididos em quatro regiões principais: I) O-H região de alongamento em 3700 -3000 II) a região de estiramento C-H em 3000-2800 cm^{-1} ; III) a região das vibrações de flexão de O-H e C-H a 1800-1200 cm^{-1} sobrepôs-se a bandas carboxílicas/carboxiladas; IV) a região das vibrações de CO de álcoois primários e secundários e ligações hemi-acetais e glicosídicas de 1200 a 850 cm^{-1} . Na Tabela 1 estão resumidas principais bandas associadas ao CMC observadas nos espectros de FTIR [17].

Tabela 1. Faixas vibracionais de FTIR associadas a Carboximetilcelulose

Número de onda (cm-1)	Atribuição de banda
3888-3300	Vibração O-H

3300- 2800	Vibração CH ₂ , CH
1730	Vibração C=O (-COOH)
1640	= OH Água adsorvida
1592	Vibração COO-
1428	=CH ₂
1416, 1324	Vibração s COO-
1370, 1267	CH
1315	Abanar CH ₂
1243	Vibração C-O (-COOH)
1233	= -OH
1203	Vibração s C-O- anel C piranose
1152	Vibração C-O-C piranose anel
1112	-C-O estiramento (álcool secundário) C ₂ OH
1060	-C-O estiramento (álcool secundário) C ₃ OH
1028 e 1004	-C-O estiramento (álcool primário) C ₆ OH
896	Ligação β1-4 glicosídica

3 CONCLUSÃO

O estudo microestrutural da CMC identificou que sua estrutura molecular era completamente amorfa, uma vez que não foi evidenciado a presença de nenhum tipo de pico de difração através do difratômetro de raio X, sugerindo que CMC não possuía cristalinidade. Tendo em vista que materiais cristalinos possuem melhores propriedades mecânicas quando comparados com a estrutura amorfa, torna-se importante sintetizar materiais compósitos para o aprimoramento mecânico da estrutura CMC.

Pôde-se constatar a presença de grupamentos funcionais que caracterizam a molécula de carboximetilcelulose sendo detectada pela espectroscopia de infra-vermelho, tais como: hidroxila (OH), carbono e hidrogênio (CH), carboxilatos (COO-) e éster (CHOCH₂).

Pode inferir que a CMC pode ser modificada de maneira controlada com a incorporação de micropartículas e nanomateriais com a finalidade de melhorar a estabilidade mecânica e propiciar um melhor desempenho na adesão e proliferação celular.

Agradecimentos

Laboratório de Caracterização de materiais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.

REFERÊNCIAS

1. Pires A, Bierhalz A, Moraes Â. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. Quim. Nova. 2015; 38 (7): 957-971.
2. Borschiver S, Almeida LFM; Roitman T. Monitoramento tecnológico e mercadológico de biopolímeros. Polímeros. 2008; 18 (3): 256-61.

3. Capanema NSV; Mansur AAP; Jesus AC; Carvalho SM; Oliveira LC; Mansur HS. Superabsorbent crosslinked carboxymethyl cellulose-PEG hydrogels for potential wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018; 106: 1218-1234.
4. Ferreira BCS, Gil LF, Gurgel LVA, Freitas RP. Obtenção de um novo derivado carboxilado de celulose microcristalina: uma síntese fácil e sem solvente. *Rev. Virtual Quim.* 2017;9 (1): 431-451.
5. Qiu XY, Hu SW. Materiais “inteligentes” baseados em celulose: uma revisão das preparações, propriedades e aplicações. *Materiais*. 2013; 6 : 738-81.
6. Ma J, Li X, Bao Y. Advances in cellulosebased superabsorbent hydrogels *RSC Advances*. 2015; 73: 59745.
7. Ferreira MC, Paggiaro AO, Isaac C, Teixeira NN, Santos GB. Substitutos cutâneos: conceitos atuais e proposta de classificação. *Rev Bras Cir Plast*. 2011; 26 (4): 696-702.
8. Stephen-Haynes J, Callagan R, Stephens C. Tissue viability supplement. Evaluating the performance of a new carboxymethyl cellulose dressing in the community setting. *British Journal of Nursing*. 2017; 26 (6).
9. Gaihre B, Jayasuriya AC. Manufacture and characterization of new carboxymethylcellulose microparticles for bone tissue engineering. *Mater Sci Eng C Mater Biol Apl*. 2016; 69:733-743.
10. Yadav M, Rhee KY, Parque SJ .Synthesis and characterization of graphene oxide/carboxymethylcellulose/alginate nanocomposites blends. *Carbohydr Polym.* 2014; 110:18-25.
11. Baniasad A, Ghorbani, M. Thermal stability enhancement of modified Carboxymethyl cellulose films using SnO₂ nanoparticles. *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas*. 2016; 86: 901-906
12. Dai H, Huang H. Enhanced swelling and responsive properties of pineapple peel carboxymethyl cellulose-g-poly(acrylic acid-co-acrylamide) superabsorbent hydrogel by the introduction of carclazyte. *J Agric Food Chem*. 2017; 65 (3): 565-574.
13. Marques NN, Balaban RC, Halila SAMI, Borsali R. Synthesis and characterization of carboxymethylcellulose grafted with high heat-resistant side chains LCST: Self-assembly dependence of high temperature and high salinity. *Carbohydrate Polymers*. 2018; 184: 108-117.
14. Gulsonbi M, Parthasarathy S, Bharat Raj K, Jaisankar V. Green synthesis, characterization and drug delivery applications of a novel silver/carboxymethylcellulose – poly(acrylamide) hydrogel nanocomposite. *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*. 2016; 134: 421-426.
15. Hashem M, Sharaf S, Abd El-Hady MM, Hebeish A. Synthesis and characterization of novel carboxymethylcellulose hydrogels and carboxymethylcellulose-hydrogel-ZnO-nanocomposites. *Carbohydr Polym*. 2013; 95 (1): 421-7.
16. Saber-Samandari S, Saber-Samandari S, Heydaripour S, Abdouss M. Novel carboxymethyl cellulose based nanocomposite membrane: Synthesis, characterization and application in water treatment *Journal of Environmental Management*. 2016; 166:457-465
17. Mansur, AAP, Carvalho FG, Mansur RF, Carvalho SM; Oliveira LC, Mansur HS. Nanoconjugates of fluorescent quantum points of Carboxymethylcellulose / ZnCdS for bioimaging of cancer cells. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017; 96: 675-686.