2 - Inibição à pega do cimento

Vinicius Gomes de Castro

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

CASTRO, V. G. Inibição à pega do cimento. In: *Compósitos madeira-cimento: um produto sustentável para o Futuro* [online]. Mossoró: EdUFERSA, 2021, pp. 23-36. ISBN: 978-65-87108-26-1. <https://doi.org/10.7476/9786587108612.0003>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

2 | INIBIÇÃO À PEGA DO CIMENTO

Diversos problemas retardam o desenvolvimento da indústria de compósitos madeira-cimento, mas talvez o maior gargalo esteja na seletividade das espécies de madeiras utilizadas. Nem toda madeira é apta para ser utilizada como matéria-prima de compósitos quando há mistura de cimento. Por ser um material orgânico, a madeira possui uma composição química variável que pode vir a afetar negativamente a pega do cimento e as propriedades físico-mecânicas dos produtos finais. Os componentes inibitórios e o processo ainda não foram totalmente compreendidos. Porém é fato que algumas espécies, como *Pinus contorta*, aderem-se bem ao cimento enquanto outras, como *Larix occidentalis*, apresentam problemas de ligação (MOSLEMI; GARCIA; HOFSTRAND, 1983). Há diversas teorias e modelos que indicam o processo de inibição, e é de fundamental importância compreendê-los para que seja possível minimizar seus efeitos ou, simplesmente, saber quais espécies madeireiras devem ser evitadas em uma indústria de compósitos madeira-cimento.

2.1 Mecanismos da inibição

Mesmo utilizando uma metodologia de produção de compósitos madeira-cimento idêntica, algumas espécies de madeira formam produtos de excelente qualidade enquanto outras literalmente se desfazem (HOFSTRAND; MOSLEMI; GARCIA, 1984). Devido ao fato de a madeira ser um material orgânico, ao ser utilizada na forma de partículas como um agregado do cimento e água, as reações químicas ocorridas pela presença de madeira são desfavoráveis à cura do cimento (BIBLIS; LO, 1968). Segundo Latorraca et al. (1999), os componentes orgânicos afetam tanto a possível interação entre a madeira e o cimento, quanto as interações internas do próprio cimento, o que pode resultar em compósitos de baixa qualidade. O efeito da madeira na pega do cimento é induzido por um conjunto de fatores, incluindo localização geográfica, época de corte, espécie, presença de casca, grau de apodrecimento e extrativos presentes na árvore (HOFSTRAND; MOSLEMI; GARCIA, 1984).

Dentro de uma mesma espécie também pode haver diferentes níveis de inibição quando comparado o uso de cerne e alburno. Foi constatado que, para as espécies de Acácia tropicais da Austrália, o cerne inibe a pega do cimento com maior intensidade do que o alburno. Porém a mesma relação não ocorreu para as espécies *Acacia mearnsii* e *Acacia melenoxylon*, que são espécies de clima temperado e apresentaram um índice de inibição maior na madeira do alburno (SEMPLE; EVANS, 1998). A maior quantidade de alburno também foi responsável por maiores níveis de inibição ao cimento quando misturado com oito diferentes espécies de Eucalipto de dois sítios distintos na Austrália. A provável explicação dada a este fenômeno foi a maior quantidade de polissacarídeos e extrativos fenólicos presentes neste tipo de madeira e tidos como substâncias inibitórias da pega do cimento Portland (SEMPLE; EVANS, 2000).

Hachmi e Moslemi (1989) constataram que algumas espécies possuem baixos teores de extrativos e, mesmo assim, são incompatíveis com o cimento enquanto outras não inibem a cura, embora tenham grande quantidade de extrativo, indicando que a composição química tem importância na inibição da cura.

Na secagem da madeira em forma de partículas, ocorre a migração dos componentes orgânicos para a superfície e formações cristalinas de açúcares são desenvolvidas na hidratação do cimento quando a água é acrescentada na mistura. Uma teoria considera que a inibição seria resultado da interferência desses cristais no cimento, afetando possíveis interligações mecânicas do cimento com a madeira e com o próprio cimento (AHN; MOSLEMI, 1980). Por sua vez, o mecanismo da influência negativa que a madeira exerce na hidratação do cimento pode ser explicada por quatro teorias distintas: absorção, precipitação, complexação e controle de nucleação (YOUNG, 1972).

2.1.1 Absorção

Açúcares entram no sistema em volta dos grãos de cimento e criam uma camada impedindo a absorção de água. Assim, a partícula de cimento, sob forças moleculares, perde a capacidade de coesão e coagulação (VAICKELIONIS; VAICKELIONIENE, 2006).

A explicação para a formação desta camada é a ligação entre os grupos carboxilas e hidroxilas e a superfície dos íons Ca^{2+} e O^{2-} respectivamente. Porém as ligações de hidrogênio não são as únicas responsáveis pelo envolvimento das partículas de cimento, uma vez que também ocorre com elementos como o catecol ou o ácido maleico, que não possuem hidroxilas. Assim, a quelação também passa a ser um mecanismo de absorção importante no processo de inibição da pega do cimento (YOUNG, 1972). A quelação é a reação entre um íon metálico e substâncias de múltiplos sítios chamados de agentes quelantes (SKOOG et al., 2006).

A absorção dos açúcares ocorre inicialmente na hidratação do C_3A e pode até funcionar como um acelerador. Porém se a capacidade de absorção do C_3A não for o suficiente para imobilizar todo o açúcar, este passa a agir como inibidor da hidratação do C_3S (YOUNG, 1972). Esse fenômeno explica porque a baixa concentração de elementos tidos como inibidores não afeta a cura do cimento (SIMATUPANG, 1990; MILLER; MOSLEMI, 1991; YASUDA; IMA; MATSUSHITA, 2002).

2.1.2 Precipitação

Os inibidores orgânicos formam componentes insolúveis quando em contato com o meio alcalino do cimento. Açúcares e ácidos de alto peso molecular seriam os responsáveis pela formação destes elementos que funcionam como barreira para o transporte, solubilidade e precipitação da água durante a cura do cimento (YOUNG, 1972).

Acredita-se que açúcares se combinam com CaO para formar sacaroato de cálcio, que leva a aumentar a solubilidade da alumina (Al_2O_3) na solução. A precipitação do gel alumina-sílica sem cálcio ocorre cobrindo partículas de cimento e, assim, retardando a hidratação (THOMAS; BIRCHALL, 1983). Porém, no início da mistura, a absorção é um processo muito competitivo e, embora alguma precipitação venha a ocorrer, seria praticamente impossível distinguir os processos. Se a precipitação fosse o processo principal, não haveria diferença entre a reação com C_3A e C_3S , uma vez que ambos liberam íons de Ca^{+} na solução. Como a precipitação não explica a aceleração inicial da reação de cura, acredita-se que esse processo apenas exige maior quantidade de água na reação do que propriamente a inibe (YOUNG, 1972).

2.1.3 Complexação

A maioria dos íons metálicos reage com doadores de pares de elétrons para formar complexos (SKOOG et al., 2006). Elementos inibitórios possuem átomos de oxigênio que podem se atrair. Isso indica que

pode ocorrer quelação com íons de metal e que a complexação é um importante mecanismo na inibição. Por exemplo, a adição de grande quantidade de sacarose aumenta a quantidade de íons de Fe, Al e Ca na fase líquida da pasta de cimento. A complexação entre os íons e os elementos inibidores pode vir a ser a causa do aumento inicial da reatividade do cimento e do C_3A . Ao prevenir a precipitação inicial dos produtos da hidratação, mais componentes do cimento irão dissolver antes que a inibição seja bloqueada. Embora haja complexação com íons de Ca, esta não é forte o suficiente para contribuir na saturação de hidróxido de cálcio durante a hidratação de C_3S (YOUNG, 1972).

Estudos sobre a capacidade de inibição da cura de cimento por ação de açúcares não encontraram uma correlação simples entre a capacidade de ligação do cálcio e graus de inibição (THOMAS; BIRCHALL, 1983).

2.1.4 Nucleação

Inibidores orgânicos podem influenciar a morfologia e a quantidade de cristais de hidróxido de cálcio formado em pastas de C_3S . A inibição da nucleação do cristal de $Ca(OH)_2$ ocorre naturalmente na presença de íons de Si presente no cimento. O crescimento do cristal é pausado até que ocorra uma saturação de $Ca(OH)_2$. A adição de elementos orgânicos piora a inibição, pois estes são em maiores quantidades e mais reativos do que os íons de Si. Consequentemente, há um aumento na quantidade de $Ca(OH)_2$ para a retomada do crescimento (YOUNG, 1972). Este processo explica a formação de cristais maiores quando há mistura de aditivos como Ca_2Cl (AHN; MOSLEMI, 1980). Este sal produz rapidamente a saturação de $Ca(OH)_2$ e acelera sua cristalização, sem necessitar da liberação de íons de Ca da estrutura C_3S (YOUNG, 1972).

2.2 Efeito do pH

Alguns autores ainda levantam a questão do efeito do pH dos extrativos presentes na madeira como causa da inibição na pega do cimento. Sabe-se que durante a cura do cimento, hidróxido de cálcio é liberado e o pH da solução passa a ser acima de 12. Geralmente os extrativos de material vegetal são ácidos. Por exemplo, estudos feitos com fibras de coco e sisal (*Agave sisalana*) indicaram pH de 6,3 e 5,3 respectivamente. Assim, o pH da solução é afetado e pode mudar a solubilidade e estabilidade dos elementos da hidratação, tendo um efeito negativo na cura (AGGARWAL; SINGH, 1990).

Em estudo sobre extrativos de *Pinus pinaster* e *Populus* sp., foi indicado que estas espécies possuem pH ácido (entre 4 e 6), ou seja, que contém íons que aumentam a condutividade térmica da solução cimento-madeira. O pH da solução não afeta diretamente a hidratação do C-S-H, mas define seu grau de inibição (BOUSTINGORRY et al., 2005).

2.3 Elementos químicos da madeira que podem causar inibição

A composição química da madeira pode ser dividida em duas categorias: os componentes fundamentais, que são os elementos estruturais formadores da parede celular, e os componentes acidentais, que são os não-estruturais constituído de extrativos e material inorgânico.

Os componentes fundamentais são principalmente compostos por três polímeros: celulose, hemiceluloses e lignina, em uma proporção aproximada de 2:1:1. Estes constituintes somam cerca de 95% da madeira seca. Como celulose e hemiceluloses são polissacarídeos, os carboidratos formam 70% da madeira, enquanto o polímero polifenólico, lignina, foi de 20 a 30%, dependendo da espécie. Os extrativos da madeira, embora não sejam elementos estruturais da madeira, são responsáveis por uma baixa (de 1 a 10%), mas economicamente importante fração da biomassa (YOUNG, 2008).

Tanto a natureza quanto a quantidade dos componentes químicos da madeira afetam a cura do cimento. Tipicamente os componentes inibitórios podem ser divididos em dois grupos: os carboidratos (polisacarídeos) e os componentes fenólicos com compostos de catecol ($C_6H_4(OH)_2$) (YASUDA; IMA; MATSUSHITA, 2002).

2.3.1 Polissacarídeos

Aproximadamente dois terços da madeira são compostos de polissacarídeos (celulose e várias hemiceluloses). Uma estimativa do total de polissacarídeos pode ser obtida ao submetermos a madeira livre de extrativos à deslignificação, que resulta em um resíduo sólido composto de material polissacarídeo (holocelulose) (SJOSTROM; WESTERMARK, 1999).

A celulose é um homopolissacarídeo linear, ou seja, é formada exclusivamente de unidades do monossacarídeo glucose ($C_6H_{12}O_6$) que se repetem conectados por ligações β (1,4) glicosídeas. Uma cadeia de celulose média de uma madeira pode chegar a conter de 7.000 a 15.000 unidades de glucose. E cada uma destas unidades possui três grupos de hidroxilas (-OH) livres que são responsáveis pela estrutura e comportamento físico e químico da celulose.

Já as hemiceluloses são um grupo de heteropolissacarídeos ramificados, o que indica que são formados por diversos tipos de monossacarídeos. Diferente da celulose, as hemiceluloses não são um composto único, na verdade são um agrupamento de estruturas extraíveis em soluções alcalinas. Outra diferença entre a celulose é que as hemiceluloses não formam fibra e possuem um baixo grau de polimerização, sendo constituídas de somente 80 a 200 unidades.

A capacidade de inibição dos polissacarídeos à pega do cimento está relacionada à diminuição da taxa de crescimento dos cristais, que culmina na precipitação da portlandita. Por exemplo, a concentração de éteres de amido é inversamente proporcional à taxa de crescimento. Isso indica que o balanço entre a solubilização de partículas anídricas e

a precipitação dos elementos hidratados é alterada quando se adiciona amido na solução. Por outro lado, se a mistura do amido for atrasada entre 30 e 90 minutos, dependendo da concentração, seu efeito passa a ser desprezível (PESCHARD et al., 2006).

A teoria da absorção das moléculas orgânicas nas partículas anídricas não é válida no caso de cimento misturado com polissacarídeos. Esta afirmação pode ser feita ao se observar que diferentes proporções (de 0,5 a 200%) de dextrina, um polissacarídeo de baixo peso molecular obtido através da hidrólise ácida do amido, não afetaram a taxa de solubilidade do cimento. Estudos complementares sobre a quantidade de Ca^{2+} e SO_4^{2-} disponível durante a hidratação do cimento com polissacarídeos mostram que a mistura não afeta a fase de nucleação do CSH e nem a formação de etringita. Porém, a conversão de etringita para mono-sulfato pode ser atrasada (PESCHARD et al., 2006).

Uma vez que a celulose apresenta de 60 a 70% de sua estrutura cristalina, devido a pontes de hidrogênio regulares e ordenadas, a maior inibição ocorre apenas quando há o início da degradação das cadeias devido ao meio alcalino gerado na mistura com o cimento. Embora em baixa concentração, cinco são os produtos da degradação mais importantes: três ácidos hidroxí-carboxílicos (ácido láctico, glicólico e oxálico) e dois alcoóis (glicerol e dietil-glicol). Os ácidos são identificados como produtos da degradação da celulose em meio alcalino. Já os alcoóis, em concentração dez vezes menor do que a dos ácidos, são tidos como resultado da síntese de produtos secundários. E, embora a celulose apresente um efeito inibidor na pega do cimento, seus produtos da degradação em meio alcalino mostraram-se desprezíveis na hidratação do cimento, ao contrário do que ocorre com monossacarídeos (POUCHEZ et al., 2006). A mistura de éteres de celulose também não mostrou inibição na formação dos cristais de etringita e portlandita (PESCHARD et al., 2004).

A interação entre cimento e celulose em um compósito, porém, não se restringe a interferências nas reações químicas. Imagens de microscopia eletrônica de compósitos de cimento com reforço de fibras de

celulose mostraram a presença de produtos da hidratação do cimento (etringite e hidróxido de cálcio) no lúmen das fibras. Este fator é conhecido como a mineralização da celulose. Esse fenômeno pode ser positivo na formação do compósito, uma vez que pode levar a um aumento na adesão entre o material orgânico e inorgânico. Por outro lado, a mineralização das fibras leva a seu enfraquecimento, o que compromete as propriedades do compósito a longo prazo (TONOLI et al., 2009).

Por sua vez, o uso de um isolado de hemiceluloses pode exibir uma completa inibição da pega do cimento. A mistura deste material apresentou a temperatura da reação exotérmica constante durante 30 horas (WEI et al., 2002). Hemiceluloses são amorfas, ramificadas e, por definição, solúveis em solução alcalinas. Por isso, a decomposição das hemiceluloses forma frações de baixo peso molecular e passa a ser um dos principais fatores na inibição da pega do cimento (BILBA; ARSENE; OUENSANGA, 2003). Assim, para entender o mecanismo de inibição, é importante compreender também o efeito dos monossacarídeos formadores dos polímeros estruturais da madeira.

2.3.2 Monossacarídeos

Os açúcares, ou monossacarídeos, podem ser divididos em dois grupos: redutores e não-redutores. Os açúcares redutores são aqueles que possuem grupos aldeídos e cetonas livres na cadeia, por isso são capazes de sofrer oxidação. Entre eles podemos citar a glucose, lactose, maltose e celobiose. Já os não-redutores possuem os grupamentos interligados e tornam-se redutores somente após sofrer hidrólise. São considerados não-redutores a sacarose, α -metil glicosídeo, rafinose e α , α -trealose (THOMAS; BIRCHALL, 1983).

Os açúcares não-redutores que apresentam 5 anéis, sacarose e rafinose, são os maiores inibidores da cura do cimento. Embora em menor grau, os açúcares redutores (glucose, lactose, maltose e celobiose) também apresentaram poder inibidor, ao contrário dos não-redutores α -metil glicosídeo e trealose, que não retardam a cura do

cimento. Essa diferença de inibição pode ser explicada pelo fato de que açúcares redutores reagem facilmente em meio alcalino se degradando e rapidamente unindo-se ao cálcio. Já os não-redutores são inertes em solução alcalina, a não ser que sejam não-redutores de 5 anéis, que possuem uma capacidade intermediária de formar sais com Ca^{2+} e OH^- , mas com estabilidade suficiente para não se degradar (THOMAS; BIRCHALL, 1983). Após imersão em solução alcalina, pode se observar que açúcares redutores apresentam uma solução amarelada em relação aos não-redutores. Essa coloração comprova a alta degradação dos açúcares redutores neste tipo de meio. Análise por ultravioleta indica ou formação de ácidos sacáricos ou a enolização dos açúcares redutores (POURCHEZ et al., 2006).

Análise da fase aquosa da hidratação do cimento apontou um aumento na concentração de Ca^{2+} , OH^- , Si, Al e Fe quando misturados com açúcares. Este aumento está diretamente ligado ao efeito inibidor (THOMAS; BIRCHALL, 1983). A capacidade de ligação dos açúcares com o cálcio pode ser comprovada pelo seguinte teste: açúcares são misturados em uma solução de hidróxido de cálcio (6 gramas por litro de água) e, após 48 horas, a concentração de Ca^{2+} é determinada por cromatografia. Por este teste, pode ser confirmado a alta capacidade de ligação com cálcio dos açúcares: sacarose, rafinose, glucose, maltose, celobiose e lactose (POURCHEZ et al., 2006).

Uma vez que os açúcares possuem apenas uma capacidade moderada de complexação de cálcio e não apresentam nenhuma interatividade detectável com silicatos, presume-se que a inibição da precipitação de C-S-H ocorre pelos processos de absorção e nucleação (THOMAS; BIRCHALL, 1983).

Previte e Grace (1971) também estudaram o efeito inibidor na cura do cimento Portland dos monossacarídeos (glucose, frutose, arabinose, xilose e ribose) e dos dissacarídeos (maltose, lactose e celobiose), além dos açúcares que não se degradam em meio alcalino, o dissacarídeo sacarose e o trissacarídeo rafinose. Eles observaram que o peso molecular dos açúcares é um dos fatores que afeta a hidratação do cimento,

mas não o único, já que há diferença de inibição entre sacarídeos de peso molecular equivalente, como por exemplo, maltose (degradável em meio alcalino) e sacarose (não degradável). Contudo, também foi observada diferença entre inibição entre a glicose e a frutose, sendo que ambas possuem peso semelhante e são degradáveis em meio alcalino. Considerando que a frutose se degrada com mais facilidade do que a glicose, uma nova variável deve ser levada em consideração, a taxa de degradação em meio alcalino.

Outra questão importante a ser considerada quanto ao efeito de açúcares na mistura com o cimento é o fato de que, sob condições alcalinas, alguns sacarídeos, além de sofrerem degradação, podem se rearranjar. Por exemplo, se a glicose for submetida a um meio de hidróxido de cálcio por alguns dias, no final haverá uma mistura de 63,5% de glicose, 2,5% de manose, 31% de frutose e 3% de outras substâncias. A exposição prévia de açúcares ao meio alcalino antes de se misturar ao cimento propriamente dito reduziu o efeito inibidor na maioria dos açúcares solúveis em meios alcalinos. O tempo de exposição também afeta a redução da inibição, porém o maior efeito ocorre logo nos primeiros minutos (PREVITE; GRACE, 1971).

Entre os principais monossacarídeos formadores das hemiceluloses de madeira (manose, glicose, arabinose, xilose, fucose, galactose e rhamnose), apenas um mostrou correlação entre presença em madeiras tropicais e um alto índice de inibição à pega do cimento: a arabinose (CASTRO et al., 2018). Este monossacarídeo é resultante da degradação da hemicelulose arabinogalactana, que, por sua vez, pode ser considerada como um componente inibitório da madeira (YASUDA; IMA; MATSUSHITA, 2002). E a alta porcentagem deste componente na madeira da conífera *Larix occidentalis* pode justificar o seu efeito inibidor ao cimento. Porém, em folhosas, a arabinose geralmente é relacionada à hemicelulose arabinoxilana, que se apresenta em pequenas proporções (menos do que 1%). E mesmo em baixa quantidade, a presença da arabinose formada na degradação em solução alcalina foi o suficiente para afetar a inibição (CASTRO et al., 2018).

O estudo de Juenger e Jennings (2002) sobre a adição de açúcar de cozinha na mistura de cimento e água pode ajudar a compreender o processo de inibição de monossacarídeos na pega do cimento. Eles observaram que a adição de 1% de açúcar chega a atrasar a hidratação do cimento em até 3 meses a uma temperatura de 20oC. Porém, ao aumentar a temperatura da cura, o período de inibição diminui. Outra observação pertinente foi que a mistura contendo açúcar retarda a hidratação, contudo, uma vez que a reação ocorre, ela é mais eficiente do que a do cimento puro. Ou seja, após 10 dias depois da mistura, o tratamento com açúcar tem maior grau de hidratação do que o puro.

Este período inicial de inibição que termina repentinamente é chamado de “barreira de inibição”. A barreira pode ser quebrada quando o número de sítios de nucleação é maior do que o de açúcar presente, então os sítios futuros não são contaminados. O maior grau de hidratação após a quebra da barreira pode ser causado pelo excesso de íons na solução que podem hidratar nos cristais já formados. O crescimento de cristais heterogêneos exige menos energia do que os homogêneos, por isso a formação é mais rápida. As propriedades dos cristais de C-S-H também são afetadas pelo açúcar. Cristais formados após o período de inibição têm a tendência de serem menos densos e com maior área superficial (JUENGER; JENNINGS, 2002).

2.3.3 Lignina

Lignina é o terceiro polímero estrutural da parede celular da madeira. Porém, diferente dos outros dois, não é um polissacarídeo. Também não é linear como a celulose, ou ramificado como as hemiceluloses. A lignina apresenta uma estrutura que conecta seus monômeros (álcool cumárico, álcool coniferílico e álcool sinapílico) através de diferentes ligações químicas em uma rede. O tipo de lignina é definido pelos teores dos diferentes monômeros e varia se a madeira é originada de conífera ou folhosa.

Por não ser constituída de açúcares, o efeito da lignina na hidratação do cimento é muitas vezes ignorado, sendo que alguns autores já chegaram a afirmar que a lignina não possui capacidade inibitória (BIBLIS, 1968). Contudo, em análise da degradação térmica da mistura de cimento com um isolado de lignina, não apresentou o pico por volta de 500oC. Este pico está relacionado com a desidratação da fase CaO. H₂O (BILBA; ARSENE; OUENSANGA, 2003).

2.3.4 Extrativos

Extrativos podem ser definidos como componentes químicos que são extraíveis da madeira com vários solventes neutros. São componentes não estruturais da parede celular, de baixa massa molecular, e suas composições variam consideravelmente entre famílias e gêneros de árvores (JANSSON; NILVERBRANT, 2009). Diferentes extrativos são agrupados de acordo com sua solubilidade (hidrofílicos ou lipofílicos) e classificados em três categorias principais: 1- Terpenóides e esteróides; 2- Gorduras e graxas; e 3 - Componentes fenólicos. Geralmente são elementos minoritários, mas podem representar até 40% da madeira seca em algumas espécies (YOUNG, 2008).

Tradicionalmente os extrativos são considerados um dos principais componentes que causam a seletividade da madeira no processo de produção de compósitos madeira-cimento.

Vaickelionis e Vaicklioniene (2006), através de suas análises por raio-X, concluíram que a inibição da pega do cimento estaria mais correlacionada com a quantidade total de extrativos presentes nas madeiras do que em sua composição química. Contudo, essa teoria é contestada por diversos autores, que indicam que diferentes classes de extrativos possuem diferentes capacidades inibitórias. Por exemplo, acredita-se que terpenos não inibem a pega do cimento, porém o tanino, especialmente os hidrolisáveis, possui grande importância no processo, assim como os ácidos orgânicos de peso molecular alto, como os ácidos alifáticos (BIBLIS, 1968). Justamente os taninos, junto

com as hemiceluloses, são considerados os componentes com maior efeito na hidratação do cimento. É relevante lembrar que a adição de ácido graxo, resina, esteroide e terpeno em concentração menor do 1% não chega a afetar a resistência final do compósito madeira-cimento (MILLER; MOSLEMI, 1991).

2.3.5 Materiais inorgânicos

Além dos extrativos, os outros componentes classificados como acidentais, chamados de materiais inorgânicos ou teores de cinzas, também podem influenciar o processo de hidratação do cimento. A composição do teor de cinzas, e sua considerável presença de impurezas inorgânicas, pode ser resultado da manipulação durante a colheita e/ou geração de partículas. Elementos como cálcio e potássio podem afetar a fase inicial da hidratação do cimento. Assim como a presença de sílica também pode resultar em reações podizólicas com o cimento (KARADE; IRLE; MAHER, 2006).