

## **PRESERVANTE NATURAL DE MADEIRA PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ÓLEO DE NEEM**

**Gilmara O. Machado  
Carlito Calil Jr.  
Wagner Polito  
Agnieszka Pawlicka**

Laboratório de Estruturas, SET, EESC e IQSC, Universidade de São Paulo (USP),  
Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos, SP, Brasil

### **Resumo**

A madeira, sendo um material natural, está sujeita à biodeterioração. Um processo bastante empregado para a preservação da madeira é o tratamento com produtos de impregnação de relativa toxicidade, à base de metais como cobre, cromo, arsênio, boro, flúor e zinco, além de produtos como o creosoto e aminas. Uma alternativa, do ponto de vista ecológico, é a utilização de substâncias à base de moléculas naturais na preservação da madeira. Este estudo propõe a utilização da substância azadirachtina, presente em grande concentração no óleo de Neem. Essa molécula apresenta baixa toxicidade a todos os animais de sangue quente e a seis espécies diferentes de minhoca e demais organismos do solo. Sua atuação é imediata, tendo por principal ação o efeito antialimentar (anti-feeding), o que pode levar a um efeito fagoinibidor e fagorrepelente, impedindo que os organismos xilófagos ataquem a madeira. A ação do óleo de Neem pode ser aumentada tendo em vista efeitos inseticidas, repelência e também permeabilidade. Para tanto, foi utilizado como tensoativo o Reopex B, produto sintetizado à base de óleo de mamona, que possui efeitos fungistáticos e/ou bacteriostáticos e que exerce ação potencializadora do Neem (sinergia). O resultado esperado é a apresentação de um novo produto preservante alternativo ou substitutivo para madeira que provoque menor impacto ambiental.

*Palavras-chave:* óleo de Neem, emulsão, preservação.

### **Introdução**

A madeira constitui a mais vasta reserva de carbono na natureza, sendo um material renovável, cujo suprimento pode ser planejado, por exemplo, por meio de reflorestamento. Seu beneficiamento consome menor energia do que outros materiais utilizados na construção civil, como o aço, o cimento e o alumínio. Portanto, sua utilização racional e sustentável justifica cada vez mais seu uso em edificações para fins tanto estruturais quanto decorativos (IPT, 2001).

A origem biológica da madeira, constituída essencialmente por uma matriz relativamente hidrofóbica e de fibras hidrofílicas, a distingue de outros materiais industriais. Porém, é também responsável por sua degradação por microorganismos, insetos, radiações UV, chuva e calor (Kin & Singh, 2000; Clausen, 1996; Madeiras do Brasil, 2004), como apresentado, de maneira geral, na Tabela 1.

O projeto construtivo e o uso que se dá à madeira orientam a escolha de métodos preventivos. Quando a edificação ou a madeira já se encontram alterados, o diagnóstico do problema orienta a escolha de procedimentos de caráter curativo (Sgai, 2000; Hunt & Garrat, 1963).

A madeira é um material natural, composto de celulose e hemicelulose, portanto, é alimento para um importante grupo de organismos extremamente ativos – os organismos xilófagos –, que utilizam a madeira como sua principal fonte de nutrição. Esse processo leva à decomposição do substrato, ou seja, à redução do material aos seus elementos constitutivos (Fengel & Wegener, 1984; Sjöström, 1981; IPT, 1988; Nevell & Zeronian, 1985).

Os organismos xilófagos (decompositores discretos enzimaticamente) de maior importância econômica são os fungos, no grupo dos microorganismos, e os cupins e as brocas-de-madeira, na classe dos insetos (Déon, 1989).

Considerando que os problemas decorrentes da biodeterioração da madeira podem assumir proporções gravíssimas, a adoção de medidas preventivas (tratamento utilizando substâncias preservantes) torna-se obrigatória quando há a intenção de utilizar esse material em uma edificação. A aplicação de preservantes químicos proporciona o aumento da resistência da madeira aos organismos deterioradores (Lepage, 1986; Cavalcante, 1982; Cassens, 1995).

Tradicionalmente, os principais tratamentos utilizados para proteger a madeira se limitam ao recobrimento da superfície. Os produtos utilizados (tintas, vernizes e lacos) apresentam o inconveniente de serem destruídos em condições externas (intemperismo), em alguns anos, devido à ação de raios ultravioleta, chuva e ciclos de secagem e umidificação, daí a necessidade de renovar o tratamento periodicamente.

No que concerne aos produtos de impregnação, levando-se em consideração o meio ambiente e a saúde, cria-se a necessidade de diminuir a utilização de conservantes tradicionais à base de metais, como cobre, cromo, zinco, arsênio, boro e flúor, e de compostos como creosoto e aminas. Esses preservantes, além de apresentarem relativa toxicidade, podem trazer problemas ao tratamento de dejetos após seu uso (Fenton & Degroot, 1996; Bull, 2001; Becker *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2002).

Uma real possibilidade mais aceitável e sustentável, do ponto de vista ecológico, é a utilização de biopesticidas naturais no tratamento para a preservação da madeira. Encontrar moléculas de menor impacto ambiental é a meta perseguida pelas pesquisas nos dias atuais. Geralmente, as substâncias de origem natural são mais seguras que as sintéticas, não deixando resíduos no meio ambiente (Thacker *et al.*, 2003; Raguraman & Singh, 1997; Forest Products Society, 2000) e não comprometendo a saúde humana e dos animais.

No caso de insetos, muitas pesquisas vêm sendo realizadas há longa data e estão centradas na identificação de componentes químicos de extrativos de madeira e outros vegetais, que apresentam alguma ação tóxica ou de repelência (Sharma *et al.*, 1993; Ferreira *et al.*, 2001).

Este trabalho propõe a utilização de um novo produto, à base de óleo de Neem, com o objetivo principal de apresentar um caminho alternativo e/ou substitutivo para a preservação da madeira, que provoque menor impacto ambiental.

O Neem, *Azadirachta indica* ou simplesmente *A. indica*, é uma árvore originária da Índia, sendo nativa da região de burna e das zonas áridas do subcontinente indiano e sudoeste asiático. Nessas regiões, o Neem é considerado uma planta medicinal de relevante importância pelos seus efeitos positivos na saúde das plantações, dos animais e do próprio homem (Garcia, 2004; Gomes, 2004).

O Neem chegou ao Brasil em 1993, por iniciativa da Empresa Brasileira de Pesquisa (EMBRAPA), visando à viabilidade em razão de seu rápido crescimento e de sua resistência excepcional à seca, o que a torna propícia ao clima tropical brasileiro (Projeto Neem Brasil, 2004).

Todos os produtos à base de Neem são completamente naturais, sendo atóxicos para os seres humanos, animais domésticos, insetos benéficos e meio ambiente.

Várias partes da árvore são usadas na Índia há vários milênios, o que a torna uma árvore polivalente. As sementes da *A. indica* são ricas em óleo: 50% do peso da semente é um óleo escuro, com odor característico e amargo. Pesquisas mostram que o óleo de Neem é eficaz contra fungos, parasitas, insetos, algumas bactérias e vírus (Gupta, 2004; Stark, 2003; Shultz *et al.*, 1992).

Os frutos são processados, principalmente, por prensagem a quente, dando origem ao óleo e a um resíduo chamado de torta. O óleo exibe seu poder bioprotetor devido a uma série de compostos presentes na sua composição.

**Tabela 1** Lista não exaustiva dos diversos tipos de agentes degradadores da madeira.

| Tipos de degradação                       | Elementos responsáveis                                  | Conseqüências  |
|---|---|--|
| Biodeterioração                           | Fungos, bactérias, brocas-de-madeira, cupins (térmitas) | Reações enzimáticas ⇒ oxidação, hidrólise, redução<br>Reações químicas ⇒ oxidação, hidrólise, redução<br>Conseqüências mecânicas ⇒ perdas das propriedades mecânicas |
| Degradação térmica                        | Luz, sol, homem   | Reações de pirólise ⇒ oxidação, hidrólise, desidratação, etc.  |
| Degradação por umidade                    | Chuva, mar, gelo, chuva ácida                           | Expansão, retração, fendas   |
| Degradação devido às condições climáticas | UV, água, calor, vento                                  | Reações químicas ⇒ oxidação, hidrólise<br>Conseqüências mecânicas ⇒ corrosão   |
| Degradação química                        | Ácidos, bases, sais                                     | Reações químicas ⇒ oxidação, hidrólise, redução  |
| Degradação mecânica                       | Poeira, vento, neve, areia                              | Conseqüências mecânicas ⇒ tensão, abrasão, fratura, fendas   |

As principais substâncias ativas pertencem a uma classe de produtos naturais conhecidos como triterpenóides, mais especificamente limonóides. Os limonóides são conhecidos por apresentarem atividade em insetos, seja interferindo em seu crescimento, seja pela inibição da alimentação. Até o momento, pelo menos nove limonóides extraídos do Neem demonstraram habilidade para inibir o crescimento e o desenvolvimento dos insetos. Novos limonóides estão sendo descobertos. Porém, a azadirachtina, a salanina, o meliantriol e a nimbina são os mais conhecidos. A azadirachtina foi um dos primeiros princípios ativos a serem isolados do Neem, e já provou ser o principal ingrediente no combate aos insetos. Atribui-se à azadirachtina cerca de 90% dos efeitos causados nos insetos, sendo empregada como padrão de qualidade durante a utilização de óleo de Neem de diversas procedências.

Os vários estudos demonstram que o mecanismo de ação da azadirachtina pode ser os seguintes:

1. Efeito antialimentar via oral – atividade fagoinibidora.
  - a) Principal: inibe a atividade dos receptores de sensibilidade gustativa da cavidade oral e modifica a ingestão oral de alimentos e a capacidade alimentar prospectiva dos insetos.
  - b) Secundária: a ingestão de princípios ativos junto com o alimento leva à inanição e morte.
2. Ação dermal – penetra através da cutícula dos insetos e inibe a síntese de quitina, provocando então desidratação e morte.
3. Efeito repelente – efeito fagorrepelente – insetos, quando colocados em contato alimentar com folhas tratadas com essa substância, preferem morrer de fome a se alimentarem das mesmas.
4. Efeito destruidor do crescimento – pela inibição do crescimento normal do inseto por meio da interferência nos ciclos de mudança. Suprime a atividade da ecdysona (hormônio), assim, a larva não faz a mudança de fase, permanecendo na fase jovem, até que eventualmente morre.
5. Efeito na sobrevivência e reprodução pela ação inibidora da ovoposição. Quando a fêmea atinge o período de postura do seu ciclo de vida, a ovoposição é suprimida ou inibida.
6. Efeito no sistema endócrino – os extratos de Neem são acumulados no sistema neurosecretório do inseto e, por cruzarem a barreira cerebral, são concentrados no *corpus cardiacus*, resultando em menor utilização das proteínas neurosecretórias.

Desta forma, a azadirachtina apresenta proteção dupla, pois impede que a maioria dos insetos se alimente e os que se alimentam morrem antes de se reproduzir.

Neste estudo propõe-se a utilização do óleo de Neem no preparo de diferentes formulações de emulsões em água, utilizando como tensoativo o Reopex B, para serem

aplicadas futuramente no tratamento de peças de madeira, por meio da impregnação da substância preservativa.

## Procedimento Experimental

### *Materiais utilizados*

O óleo de Neem utilizado possui embalagem protetora contra a ação dos raios UV-Vis. O tensoativo (intitulado Reopex B) foi gentilmente cedido pelo Prof. Dr. Wagner Polito, do Instituto de Química de São Carlos (IQSC). Todos os reagentes foram utilizados como recebidos. Na preparação das emulsões utilizou-se água destilada.

### *Determinação do ponto de ebulição do óleo de Neem*

Para a determinação do ponto de ebulição utilizou-se um tubo de ensaio, 2 a 3 ml de amostra, tubo capilar, vaselina e tubo de Thiele. Acoplou-se um termômetro no tubo de ensaio para a determinação da temperatura. Fixou-se o tubo de ensaio ao termômetro com um anel de borracha, de modo que a extremidade inferior do tubo de ensaio coincidissem com o bulbo do termômetro. Em seguida, colocou-se em torno de 3 ml de óleo no tubo de ensaio e imergiu-se no óleo a extremidade estrangulada de um tubo capilar. O conjunto – termômetro, tubo capilar e tubo de ensaio – foi mergulhado em vaselina contida no tubo de Thiele. Aqueceu-se moderadamente (cerca de 3°C por minuto) a parte lateral do tubo de Thiele. A temperatura de ebulição do líquido foi lida no termômetro quando o líquido começou a adentrar no capilar.

### *Determinação da viscosidade*

Para a determinação da viscosidade do óleo de Neem e da emulsão utilizou-se um viscosímetro de esfera descendente. Este consiste em um tubo cilíndrico cheio do fluido de viscosidade desconhecida. Deixou-se cair uma pequena esfera, de densidade (8,26 g/cm<sup>3</sup>) e raio (diâmetro = 15,56 mm) conhecidos, através do tubo cilíndrico. Determinou-se a velocidade de queda da esfera com o auxílio de graduações presentes no tubo do viscosímetro e um cronômetro. O valor da viscosidade foi determinado através da equação:

$$\eta = t (\rho_1 - \rho_2) k$$

em que:

$\eta$  = viscosidade dinâmica (mPa.s)

$\rho_1$  = densidade da esfera (8,26 g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_2$  = densidade do líquido (g/cm<sup>3</sup>)

$t$  = tempo de queda (s) da esfera entre as duas marcas do tubo.

$K$  = constante da esfera (0,13 mPa.cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup>)

### *Espectroscopia na região do infravermelho*

As análises de infravermelho foram feitas em aparelho BOMEM modelo MB-102 com transformada de Fourier.

As amostras (óleo de Neem e Reopex B) foram depositadas sobre pastilhas de KBr (grau espectroscópico) na proporção de aproximadamente 100:1 KBr/amostra. O KBr foi previamente seco em estufa a vácuo a 60°C por 24 h e, depois, triturado e prensado na forma de pastilhas. As amostras depositadas no KBr foram imediatamente colocadas no aparelho para análise.

### Preparação da emulsão

Utilizou-se o método direto na preparação das emulsões aquosas de óleo de Neem. Nesse método adiciona-se gradualmente o óleo à água, mantendo agitação constante (Kissant, 1974; Rieger, 1986). Várias amostras foram preparadas com diferentes teores de óleo de Neem e Reopex B (tensoativo). Inicialmente, determinada massa de Reopex B foi dissolvida, sob agitação mecânica (697 rpm), em 100 ml de água destilada, por 30 minutos. Em seguida, mantendo a agitação mecânica, foi adicionado óleo de Neem em diferentes porcentagens (100% = 8 g) e manteve-se, em seguida, o sistema sob agitação mecânica (697 rpm) por 15 minutos. As emulsões obtidas, com diferentes concentrações de óleo de Neem e Reopex B, foram avaliadas visualmente quanto à estabilidade por 24 h. Após a dispersão do óleo, à emulsão de melhor resultado adicionou-se água destilada para obter 4 L de emulsão; em seguida, utilizou-se esta emulsão como preservativo para ser aplicado na madeira em autoclave.

### Determinação da densidade do óleo de Neem e da emulsão

Para a obtenção da densidade do óleo de Neem, inicialmente determinou-se o volume de uma amostra de líquido (água) por meio de um instrumento volumétrico graduado, ou seja, um balão volumétrico. Entretanto, no caso dos líquidos, uma alteração relativamente pequena na temperatura pode afetar consideravelmente o valor da densidade, enquanto a alteração de pressão tem de ser relativamente alta para que o valor da densidade seja afetado. Desta forma, imergiu-se o balão volumétrico em banho

ultratermostatzado à temperatura de 20°C. Calibrou-se o balão com água destilada a 20°C. A calibração é feita pesando-se a massa de água a 20°C necessária para encher o balão até a sua borda (verificou-se o menisco) e dividindo-se esse valor pela densidade da água tabelada (0,99715 g/cm<sup>3</sup>) a 20°C. Transferiu-se o óleo para o balão previamente pesado. Acertou-se o menisco, e a diferença do peso (massa do balão com óleo menos a massa do balão vazio) dividida pelo volume de calibração forneceu o valor da densidade do óleo.

## Resultados

### Análise no infravermelho do óleo de Neem e do tensoativo Reopex B

A espectroscopia no infravermelho (IR) é uma técnica que permite evidenciar a presença de vários grupos funcionais pertencentes às moléculas (Ferraro & Krishnan, 1990). No espectro de IR do óleo de Neem (Figura 2), observam-se as principais bandas de absorção de suas moléculas. O óleo de Neem exibe o seu poder controlador de insetos devido a uma série de ingredientes com características pesticidas. O seu principal grupo de ingredientes ativos pertence a uma classe de produtos naturais conhecidos como triterpenos, mais especificamente limonóides, sendo os principais a azadirachtina, salanina, metiantriol e nimbina.

Terpenos são hidrocarbonetos múltiplos da unidade estrutural isopreno (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>), sendo alguns oxigenados, geralmente possuindo grupos funcionais do tipo álcoois (OH), cetonas (C=O) e éteres (C-O-C). Os triterpenos são constituídos por 30 átomos de carbono (Newman, 1972).

Atribui-se à azadirachtina cerca de 90% dos efeitos causados nos insetos (Ferreira *et al.*, 2001) (Figura 1).

Como pode ser verificado na Figura 2, o espectro do óleo de Neem e o do Reopex B (tensoativo) são bastante complexos, ricos em bandas, em decorrência da grande gama de grupos funcionais presentes (Silverstein & Bassler, 1974).

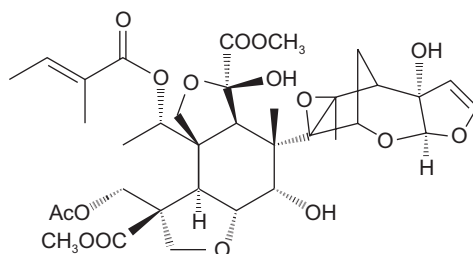
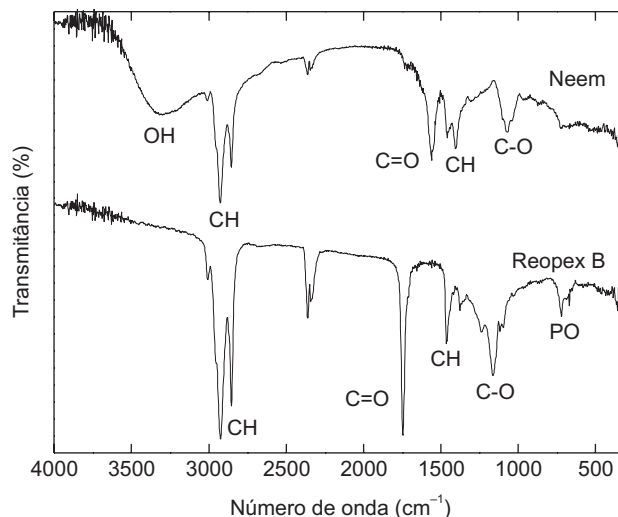


Figura 1 Molécula de azadirachtina.



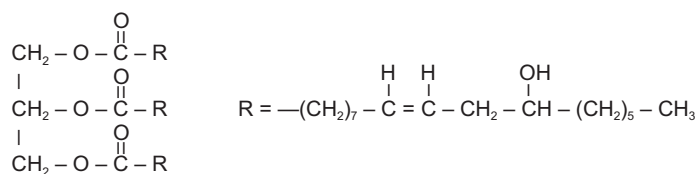
**Figura 2** Espectro no infravermelho do óleo de Neem e do tensoativo.

O óleo de Neem possui em sua estrutura diferentes grupos funcionais, como grupos hidroxilas ligados a carbono saturado. Esses grupos podem ser confirmados através do pico largo, com intensidade média, na faixa de 3000-3600  $\text{cm}^{-1}$ , referente ao estiramento das ligações -OH de álcool. Além desse grupo, o espectro revela a presença de picos mais estreitos, com intensidade alta, na região de 1300-1400  $\text{cm}^{-1}$ , referentes à deformação angular, e em 2900  $\text{cm}^{-1}$ , devido ao estiramento das ligações C-H. As bandas sobrepostas de intensidade forte e larga são relativas ao estiramento das ligações C-O de álcool na região de 1000  $\text{cm}^{-1}$  e de C-O de éter na faixa de 1100 a 1170  $\text{cm}^{-1}$ . Na região em torno de 1570  $\text{cm}^{-1}$  observa-se a presença de um pico relativo à presença de grupo carbonila (C=O).

Com relação ao espectro no IR do tensoativo (Figura 2), é importante destacar que o Reopex B foi sintetizado a

partir do óleo de mamona. O óleo de mamona é uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerina (Figura 3), e cerca de 90% do ácido graxo presente na molécula é o ácido ricinoléico (ác. 12-hidroxioléico), sendo os restantes 10% constituídos de ácidos graxos não hidroxilados, principalmente dos ácidos oléicos e linoléicos (Rittner, 1996).

O Reopex B foi produzido pela reação do ácido 12 hidroxioléico (constituente do óleo da mamona) com dimetilamina ( $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$ ), formando um composto que possui em sua estrutura grupos COO, NH, OH, CH e C=C. Foram acrescentados na composição do tensoativo 2% de hexametáfosfato de sódio, visando a diminuir a viscosidade do meio. O composto produzido possui alta massa molar e solubilidade em água, representando um tensoativo do tipo anfótero, em que o grupo formado da reação entre o éster e a amina constitui a “cabeça” hidrofílica e as ligações CH, a “cauda” hidrofóbica (Pellison, 2004; Allinger, 1978).



**Figura 3** Composição química do óleo de mamona.



O hexametáfosfato de sódio é um composto de fósforo. As vibrações de deformação axial PO são observadas na região em torno de 1000-870  $\text{cm}^{-1}$ . O éster possui duas bandas características de absorção bastante intensa provenientes das deformações axiais, de C=O em 1740  $\text{cm}^{-1}$  e C-O de éter na faixa de 1100  $\text{cm}^{-1}$ . As outras bandas são consequência do estiramento da ligação CH na região de 2900  $\text{cm}^{-1}$  e as de deformação, da ligação CH na região de 1450  $\text{cm}^{-1}$ .

#### Teste de solubilidade

Testes de solubilidade do óleo de Neem e Reopex B em álcool etílico e água foram realizados com o objetivo de verificar a compatibilidade destes com solvente orgânico (etanol) e água. O Reopex B se apresentou solúvel em água e insolúvel em álcool. O óleo de Neem não se solubilizou em álcool nem em água, demonstrando seu caráter apolar. Desta forma, fica descartada a possibilidade de obter uma solução desse óleo em solvente de baixa toxicidade, como o etanol e a água. Uma possibilidade foi a preparação de emulsão em água.

Emulsão é uma dispersão em que a fase dispersa é composta por gotículas de um líquido distribuído num veículo no qual é imiscível. As emulsões que têm fase interna oleosa e fase externa aquosa são conhecidas como emulsões de óleo em água, que podem ser designadas como O/A. Geralmente, para preparar uma emulsão estável, é necessária uma terceira fase, constituída por um emulsificante ou tensoativo.

Neste trabalho, emulsões de Neem em água foram obtidas com a utilização do tensoativo Reopex B, o qual, sendo solúvel em água, favorece o processo de emulsificação. A emulsificação torna possível a administração, numa única mistura, de substâncias hidro e lipossolúveis, ou seja, o processo de emulsificação possibilita a preparação de misturas relativamente estáveis e homogêneas de dois líquidos imiscíveis. A água representa sempre uma das fases obrigatoriamente presentes em todas as emulsões. Em geral, utiliza-se a água destilada ou desionizada, pois a presença

de sais de cálcio e magnésio, existentes nas águas duras, constitui um elemento perturbador da estabilidade das emulsões (Lissant, 1974).

#### Preparação das emulsões

Inicialmente, na preparação da emulsão, buscou-se determinar a composição óleo de Neem/Reopex B mais adequada. Formulou-se uma série de emulsões em água, obtidas misturando-se o óleo e o tensoativo em proporções variáveis (Ansel *et al.*, 2000) (Tabela 2).

Após algum tempo, geralmente decorridas 24 horas, procedeu-se ao exame de todas as emulsões. Tomou-se como ponto de referência aquela que se apresentou mais estável, ou seja, que não teve aspecto grumoso nem apresentou separação de fases (Prista *et al.*, 1975; Rieger, 1986). A emulsão de melhor aparência foi utilizada como preservativo para ser aplicado, em seguida, na impregnação de peças de madeira. Os resultados de impregnação realizados em peças de madeira serão apresentados em publicações futuras.

A emulsão mais estável foi obtida com a proporção 1:1, ou seja, 50% Neem e 50% Reopex B.

#### Propriedades físicas do óleo e da emulsão

Um bom preservativo tem de ser estável na temperatura de uso da madeira. Desta forma, parâmetros como ponto de ebulição, densidade e viscosidade são de grande importância na apresentação de um preservante. Na Tabela 3 encontram-se expressas as características do óleo e da emulsão de tratamento.

O óleo de Neem com temperatura de ebulição de 124°C apresenta-se estável à temperatura ambiente, assim, não haveria tendência de evaporação desse produto uma vez aplicado na madeira. A viscosidade é uma das propriedades de influência mais notória. De modo geral, quanto maior a viscosidade da mistura preservativa, menor será a penetração observada na madeira (Sagi, 2000). Observa-se que o processo de emulsificação do óleo propiciou grande redução no valor da viscosidade, de 73,5 para 4 mPa.s, o que é de grande interesse na utilização do preservante.

**Tabela 2** Variação da composição da emulsão.

| Composição da emulsão |            |                          |
|-----------------------|------------|--------------------------|
| % Neem                | % Reopex B | Resultado                |
| 90                    | 10         | Mau (separação de fases) |
| 80                    | 20         | Mau                      |
| 70                    | 30         | Mau                      |
| 60                    | 40         | Razoável                 |
| 50                    | 50         | Excelente                |
| 40                    | 60         | Bom                      |
| 30                    | 70         | Bom                      |

**Tabela 3** Caracterização física do óleo e do tensoativo.

|              | <b>Ponto de ebulição<br/>(°C)</b> | <b>Densidade<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Viscosidade<br/>(mPa.s)</b> |
|--------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| Óleo de Neem | 124                               | 0,92                                    | 73,5                           |
| Emulsão      | –                                 | 0,99                                    | 4                              |

### Conclusão

A caracterização por meio da espectroscopia no infravermelho confirmou a presença de diversos grupos funcionais, CH, OH, C-O, C=O e PO, nas amostras de óleo de Neem e Reopex B, indicando a grande variedade de substâncias presentes nesses materiais, sendo que o óleo de Neem possui em sua composição vários limonóides e o Reopex B, uma estrutura de tensoativo do tipo anfótero. O óleo de Neem se apresentou insolúvel em H<sub>2</sub>O e em álcool etílico, não sendo viável, dessa forma, a preparação de soluções desse composto. Porém, devido à solubilidade do Reopex B em água, tornou-se possível a formulação de emulsões do tipo O/A (óleo/água) utilizando o Reopex B como tensoativo. A emulsão de composição 1:1 (50% Neem e 50% Reopex B) foi a que se apresentou mais estável, e será, dessa forma, utilizada como composto preservativo na impregnação de corpos-de-prova de madeira de pinus em ensaios futuros. O óleo de Neem, com ponto de ebulição de 124°C, apresenta-se estável em temperatura ambiente, não havendo tendência de evaporação desse produto quando aplicado na madeira. O processo de emulsificação do óleo de Neem propiciou grande redução do valor da viscosidade, de 73,5 a 4 mPa.s, o que poderá facilitar a penetração da emulsão no processo de aplicação do preservativo na madeira.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelo apoio financeiro.

### Referências Bibliográficas

- ALLINGER, N. L. *Química orgânica*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 961 p.
- ANSEL, H. C.; POPOVICH, N. G.; ALLEN Jr., L. V. *Farmacotécnica – formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos*. São Paulo: Premier, 2000. v. 1.
- BECKER, L.; MATUSHEK, G.; LENOIR, D.; KETTRUP, A. Leaching behaviour of wood treated with creosote. *Chemosphere*, v. 42, p. 301-308, 2001.
- BELLAMY, L. J. *The infra-red spectra of complex molecules*. London: Chapman and Hall, 1975. 433 p.
- BULL, D. C. The chemistry of chromated copper arsenate II: preservative-wood interactions. *Wood Science and Technology*, v. 34, p. 459-466, 2001.
- CASSENS, D. L. *Selection and use of preservative: treated wood*. Madison: Forest Products Society, 1995. 104 p.
- CAVALCANTE, M. S. *Deterioração biológica e preservação de madeiras*. São Paulo: IPT, 1982. 40 p.
- CLAUSEN, C. A. Bacterial associations with decayind wood: a review. *International Biodeteriorations & Biodegradation*, v. 37, n. 1-2, p. 101-107, 1996.
- DÉON, G. *Manual de preservação das madeiras em clima tropical*. São Paulo: ITTO, 1989. 116 p.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. *Wood: chemistry, ultrastructure reactions*. New York: Walter de Gruyter, 1984. 613 p.
- FENTON, C. C.; DEGROOT, R. C. The recycling potential of preservative treated wood. *Forest Products Journal*, v. 46, n. 7-8, p. 37-46, 1996.
- FERRARO, J. R.; KRISHNAN, K. *Practical Fourier transform infrared spectroscopy: industrial and laboratory chemical analysis*. San Diego: Academic Press, 1990. 534 p.
- FERREIRA, J. T. B.; CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. *Produtos naturais no controle de insetos*. São Carlos: EdUFSCAR, 2001. 176 p.
- FERREIRA, J. T. B.; CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. *Produtos naturais no controle de insetos*. São Carlos: EdUFSCar, 2001. 176 p.
- FOREST PRODUCTS SOCIETY. Can soy preserve wood? *Forest Products Journal*, v. 50, n. 2, p. 5, 2000.
- GARCIA, J. L. M. *O Nim Indiano*. Disponível em: <<http://www.agrisustentável.com/doc/nim.htm>>. Acesso em: 1 jun. 2004.
- GOMES, C. F. *Planta Neem*. Disponível em: <<http://www.plantaneem.com.br>>. Acesso em: 1 jun. 2004.
- GUPTA, P. K. Pesticide exposure-Indian scene. *Toxicology*, v. 198, n. 1-3, p. 83-90, 2004.

- HUNT, M. G.; GARRAT, G. A. *Wood preservation*. New York: McGraw-Hill, 1963. 433 p.
- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. *Biodeterioração de madeiras em edificações*. São Paulo: IPT, 2001. 54 p.
- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. *Celulose e papel*. São Paulo: IPT, 1988. 559 p.
- KIN, Y. S.; SINGH, A. P. Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: a review. *Iana Journal*, v. 21, n. 2, p. 135-155, 2000.
- LEPAGE, E. S. *Manual de preservação de madeiras*. São Paulo: IPT, 1986. 2 v.
- LISSANT, K. J. *Emulsions and emulsion technology*. New York: Marcel Dekker, 1974. 3 v.
- LISSANT, K. J. *Emulsions and emulsion technology*. New York: Marcel Dekker, 1974. 3 v.
- MADEIRAS do Brasil. *Tudo sobre madeiras – xilófagos*. Disponível em: <<http://www.madeirasdobrasil.eng.br>>. Acesso em: 10 jul. 2004.
- MORRIS, P. I.; MCFARLING, S. M.; ZAHORA, A. R. Treatability of refractory species with amine and amine/ammoniacal formulations of ACQ. *Forest Products Journal*, v. 52, n. 10, p. 37-42, 2002.
- NEVELL, T. P.; ZERONIAN, H. S. *Cellulose chemistry and its applications*. New York: John Wiley & Sons, 1985. 1 v.
- NEWMAN, A. A. *Chemistry of terpenes and terpenoids: a survey for advanced students and research workers*. New York: Academic Press, 1972. 449 p.
- PELLISON, M. M. M. *Mecanismos de reações orgânicas*. São José dos Campos: Poliedro, 2004. 174 p.
- PRISTA, L. N.; ALVES, A. C.; MORGATO, R. *Técnica farmacêutica e farmácia galênica*. Lisboa: Fundação Calouste Gubbenkian, 1975. v. c1.
- PROJETO Neem Brasil. *O Neem*. Disponível em: <<http://www.neembrasil.com.br>>. Acesso em: 1 jul. 2004.
- RAGURAMAN, S.; SINGH, D. Biopotentials of Azadirachta Indica and Cedrus Deodora oils on Callosobruchus Chinensis. *International Journal of Pharmacognosy*, v. 35, n. 5, p. 344-348, 1997.
- RIEGER, M. M. Emulsions. In: LACHMAN, L.; LIEBERMAN, H. A.; KANIG, J. L. *The theory and practice of industrial pharmacy*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986. cap. 17, p. 502-533.
- RITTNER, H. *Óleo de mamona e derivados*. São Paulo: H. Rittner, 1996. 559 p.
- SGAI, R. D. *Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras*. 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SHARMA, V. P.; ANSARI, M. A.; RAZDAN, R. K. Mosquito repellent action of Neem (Azadirachta-Indica) oil. *Journal of the American Mosquito Control Associations*, v. 9, n. 3, p. 359-360, 1993.
- SHULTZ Jr, E. B.; BRATNAGAR, D.; JACOBSON, M.; METCALF, R. L.; SAXENA, R. C. E.; UNANDER, D. *Neem: a tree for solving global problems*. Washington: National Academy, 1992. 141 p.
- SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C. *Spectrometric identification of organic compounds*. 5. ed. New York: John Wiley, 1974. v. 1.
- SJÖSTRÖM, E. *Wood chemistry: fundamentals and applications*. London: Academic Press, 1981. 223 p.
- STARK, J. D. Ecotoxicology of Neem. *Abstracts of Papers of the American chemical Society*, v. 225, p. 0076-AGRO part1, 2003.
- THACKER, J. R. M.; BRYAN, W. J.; MCGINLEY, C.; HERITAGE, S.; STRANG, R. H. C. Field and laboratory studies on the effects of neem (Azadirachta Indica) oil on the feeding activity of the large pine weevil (Hylobius Abietis L.) and implications for pest control in commercial conifer plantations. *Crop Protection*, v. 22, n. 5, p. 753-760, 2003.