

Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo⁽¹⁾

Rogério Manoel Biagi Moreno⁽²⁾, Mariselma Ferreira⁽³⁾, Paulo de Souza Gonçalves⁽⁴⁾
e Luiz Henrique Capparelli Mattoso⁽⁵⁾

Resumo – Este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros do látex e da borracha natural de quatro clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell.-Arg.] cultivados em larga escala na Fazenda Cambuhy no Município de Matão, Estado de São Paulo. Foram utilizados látex de 20 árvores do estande de cada um dos clones, GT 1, PB 235, IAN 873 e RRIM 600, com 12 anos de idade, no quarto ano de sangria sob o sistema 1/2S d/3 6d/7. 11m/y. ET 5,0%. Pa 12/y. Foram analisados o conteúdo de borracha seca, porcentagem de cinzas, porcentagem de nitrogênio, plasticidade Wallace (P_O), índice de retenção de plasticidade e viscosidade Mooney (V_R). O conteúdo de borracha seca apresentou tendência de queda com o decréscimo da temperatura ao longo do ano ($r = 0,75$). Contrário ao conteúdo de borracha seca, as propriedades porcentagem de nitrogênio e porcentagem de cinzas apresentaram tendência de aumento com a redução da temperatura ao longo do período das coletas. A correlação entre P_O e V_R foi linear e elevada ($r = 0,93$). Os altos valores de P_O e V_R indicam que as borrachas dos clones estudados são consideradas como borrachas duras. Os valores do índice de retenção de plasticidade foram baixos, indicando baixa resistência à degradação térmica. Os resultados mostram influência marcante dos fatores climáticos em algumas propriedades dos látices e da borracha natural dos clones estudados, sugerindo condição importante para se entender o comportamento dos mesmos.

Termos para indexação: *Hevea brasiliensis*, plasticidade, viscosidade, propriedade reológica.

Evaluation of latex and of raw natural rubber of rubber tree clones recommended for the São Paulo State, Brazil

Abstract – The objective of the present paper was to evaluate the parameters of latex and natural rubber from four clones of rubber tree [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell.-Arg.] planted in large scale in Cambuhy plantations in São Paulo State, Brazil. Latex from 20 trees of each 12-year-old clones viz. GT 1, PB 235, IAN 873 and RRIM 600 following the 1/2S d/3 6d/7. 11m/y. ET 5.0%. Pa 12/y tapping system in the fourth year of yielding. The studied parameters were percentages of dry rubber content (DRC), ashes and nitrogen, Wallace plasticity (P_O), plasticity retention index (PRI) and Mooney viscosity (V_R). Results indicated a trend of reduction in DRC with decreasing temperatures ($r = 0.75$). Results of ashes percentages and N percentages indicated a behavior opposite to DRC, increasing with the decreasing temperature along the year. A high correlation value ($r = 0.93$) was obtained between P_O and V_R . The high values obtained for P_O and V_R indicate that the rubber studied should be considered as hard rubbers. The PRI values for these clones were considered low and are associated with a low resistance to thermal degradation. The results obtained indicate a strong influence of climatic conditions on some properties of the latices and natural rubber for the studied clones. Such parameters suggest an important condition to understand the behavior of these clones.

Index terms: *Hevea brasiliensis*, plasticity, viscosity, rheological properties.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 17 de fevereiro 2003.

Parcialmente financiada pela Fapesp.

⁽²⁾ Universidade Federal de São Carlos, Dep. da Engenharia de Materiais, Rodovia Washington Luiz, km 235, CEP 13560-000 São Carlos, SP. Bolsista da Fapesp. E-mail: rogerio@cnpdia.embrapa.br

⁽³⁾ Universidade de São Paulo, Dep. de Ciência e Engenharia de Materiais, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Parque

Arnald Schimidt, CEP 13566-590 São Carlos, SP. Bolsista da Fapesp. E-mail: mari@cnpdia.embrapa.br

⁽⁴⁾ Embrapa/Programa Integrado Instituto Agronômico, Centro de Café e Plantas Tropicais, Programa Seringueira (CCPT), Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP. E-mail: paulog@iac.sp.gov.br

⁽⁵⁾ Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, Caixa Postal 741, CEP 13560-970 São Carlos, SP. E-mail: mattoso@cnpdia.embrapa.br

Introdução

A borracha natural obtida da seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D. Juss.) Muell.-Arg.] apresenta uma ampla gama de aplicações industriais, tais como pneumáticos, que consomem quase 75% da produção mundial (Loyen, 1998), materiais cirúrgicos, adesivos e calçados. A qualidade de um produto industrializado de borracha depende, entre outros fatores da qualidade da borracha crua, o que explica a procura cada vez maior da indústria de manufaturados por uma borracha crua com mais propriedades homogêneas.

Segundo Bernardes et al. (2000), a história da produção da borracha natural brasileira mostra que o país desfrutou da condição de principal produtor e exportador mundial no final dos séculos XIX e início do século XX, passando a ser importador desta matéria-prima a partir do começo dos anos cinquenta, do século passado.

Apesar de ser o berço da *H. brasiliensis*, o Brasil contribuiu em 2001, com somente 1,30% da produção mundial de 7.170 mil toneladas; a participação brasileira no consumo mundial, de 7.030 mil toneladas, foi ao redor de 3,5% (International Rubber Study Group, 2002).

A cadeia produtiva da borracha natural do Estado de São Paulo envolve três segmentos: produtivo, beneficiador e industrial. A falta de uma integração entre os três segmentos tem sido motivo de estrangulamento dessa cadeia, pois enquanto o segmento produtivo se preocupa com produtividade, a indústria deseja qualidade e uniformidade da matéria-prima na forma de borracha crua. As usinas beneficiadoras realizam testes simples de qualidade (Santos, 1985), sem um método científico adequado (Pereira et al., 1996), por carência de pesquisa científica relacionada com a caracterização e avaliação das propriedades da borracha natural, antes da sua industrialização.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades do látex e da borracha natural de quatro clones recomendados para plantio em larga escala no Estado de São Paulo.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no seringal da Cambuhy Empreendimentos Agropecuários, Matão, SP, a 21°13' S

de latitude, 48°55' W de longitude e 560 m de altitude, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, TB eutrófico, de textura média, profundo, abrupto e bem drenado (Brasil, 1960).

O clima predominante na região é o Aw (Köppen), com estação seca definida, temperatura média anual de 21°C, variando de 16,6°C a 28,9°C, umidade relativa média anual em torno de 70,0%, com extremos de 77,0% em fevereiro e 59,0% em agosto. A pluviosidade média anual é de 1.390 mm, com 74% das chuvas ocorridas de outubro a março e 26% de abril a setembro.

Foram utilizados os clones de seringueira GT 1, PB 235, IAN 873 e RRIM 600 que, com exceção do GT 1 (clone primário), são secundários e resultantes de cruzamentos intraespecíficos de *H. brasiliensis*. Todos são recomendados em larga escala para o Estado de São Paulo, sendo o RRIM 600 o clone mais plantado. As oito coletas foram efetuadas no período de janeiro a dezembro de 1997.

Durante o período de coleta do látex, foram empregadas as práticas de manejo convencionais ao cultivo da seringueira (Gonçalves et al., 1992), em todo o seringal, além do controle do oídio causado pelo fungo *Oidium heveae* Stein.

A sangria das árvores foi efetuada às 7h e o látex coletado até as 10 horas. O seringal foi sangrado sob o sistema 1/2S d/3 6d/7.11m/y. ET 5,0%.Pa 12/y: sangria em meio espiral (1/2S), realizada em intervalos de três dias (d/3), e a atividade foi realizada em seis dias da semana (6d/7), durante 11 meses do ano (11 m/y); a sangria foi estimulada usando-se 5,0% do ingrediente ativo de ethefon (ET 5,0%), aplicado por pincelamento no painel de sangria (Pa), 12 vezes por ano (12 y), ou seja, a cada 28 dias do ano. Em cada coleta, foram utilizadas amostras de látex de 20 árvores de cada clone com 12 anos de idade no quarto ano de sangria.

As análises referentes ao conteúdo de borracha seca ("dry rubber content" – DRC) do látex, porcentagem de N e de cinzas, foram realizadas no laboratório da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária. As avaliações de plasticidade Wallace (P_0), viscosidade Mooney (V_R) e índice de retenção de plasticidade ("plasticity retention index" – PRI) da borracha obtida do látex foram realizadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo, SP.

Na determinação do DRC, definido como a porcentagem de borracha no estado seco contido no látex, cerca de 20 g de látex coagulado por ação de solução de ácido acético 6 N foram pesados com aproximação de 0,1 mg. Em seguida, o coágulo foi laminado à uma espessura de 2-3 mm e secado em estufa entre 65°C e 70°C. A massa de borracha seca foi determinada com precisão de 0,1 mg e o DRC, calculado em porcentagem.

A porcentagem de N foi determinada pelo método Kjeldahl, em que a borracha seca (200 mg) é adicionada à mistura catalítica para digestão (1:10 K_2SO_4 ou Na_2SO_4 + H_2SO_4 concentrado). A seguir, o digerido foi levado ao equipamento Kjeltec auto modelo 1035/38, iniciando-se a destilação por arraste a vapor. O $(NH_4)_2SO_4$ foi tratado com solução de NaOH 40% em excesso, com liberação de NH_3 , que reagiu com H_3BO_3 + indicador, formando o borato ácido de amônio, titulado com solução de H_2SO_4 0,1 N. Foi obtida a porcentagem de proteína bruta (PB), e calculada a porcentagem de N, pela expressão: %N = %PB/6,25.

Na determinação da porcentagem do teor de cinzas, a borracha seca de cada um dos clones foi cortada em tamanho reduzido, pesada e colocada em cadinhos de porcelana, previamente calcinados por 30 minutos, a 550°C. Em seguida, foi levado ao forno tipo Mufla, onde foi obtida a completa calcinação das amostras de borracha, determinando a massa de cinzas residuais, calculando-se em seguida a porcentagem de cinzas.

A plasticidade Wallace (P_O) foi determinada com cerca de 30 g de borracha seca passada na calandra para obter um filme de aproximadamente 1,7 mm de espessura. Em seguida, preparou-se dez corpos de prova, divididos ao acaso em dois grupos de cinco cada. A plasticidade (P_O) foi determinada em cinco corpos de prova não degradados e em cinco termodegradados (140°C por 30 minutos), usando um plastímetro Wallace. A leitura foi realizada em unidades de escala Wallace.

Na determinação da viscosidade Mooney (V_R) em cada clone, foram preparados dois corpos de prova com cerca de 50 mm de diâmetro e 6 mm de espessura com um furo central de 8 mm. A viscosidade Mooney (V_R) foi avaliada por meio de um disco metálico envolto por uma amostra de borracha, contida numa câmara rígida mantida à temperatura constante de $100 \pm 0,5^\circ C$. O disco era girado lenta-

mente em uma direção, pelo viscosímetro, durante quatro minutos. A resistência oferecida pela borracha a esta rotação, medida em uma escala convencional, é definida como a viscosidade Mooney do corpo de prova.

O PRI foi determinado em porcentagem e calculado pela fórmula: $PRI = P_{30}/P_O \times 100$, em que P_O é a plasticidade de Wallace e P_{30} é a plasticidade após degradação térmica dos corpos de prova.

Correlações lineares simples foram determinadas entre as médias das propriedades e entre variáveis climáticas e propriedades do látex de acordo com Steel & Torrie (1980).

Resultados e Discussão

Exceto para o DRC, ocorreram diferenças altamente significativas entre clones ($p < 0,01$), o que indica a existência de grande variabilidade entre clones em relação às propriedades analisadas (Tabela 1). O mesmo se aplica para as coletas efetuadas.

O DRC é uma propriedade do látex que apresenta grandes variações. Segundo Varghese et al. (2000), a variação do DRC do látex depende da idade da árvore, intensidade de sangria, época do ano, clima, clone, prática de estimulação, condições do solo e outros. Conforme Jacob et al. (1988), ele também reflete a atividade biossintética nos vasos laticíferos. As mudanças do DRC além de serem resultantes das variações entre e dentro de clones, podem também ser influenciadas por fatores como o sistema de sangria, variações climáticas ao longo do ano, e pela estimulação do painel decorrente da aplicação de estimulantes (Resing, 1955; Le Roux, 2000).

Tabela 1. Valores dos quadrados médios, médias e coeficientes de variação das propriedades do látex e borracha natural relativas ao conteúdo de borracha seca no látex (DRC), porcentagem de nitrogênio, porcentagem de cinzas, plasticidade Wallace (P_O), viscosidade Mooney (V_R) e índice de retenção de plasticidade (PRI) de quatro clones de seringueira no Município de Matão, SP.

Propriedade	Média	Coeficiente de variação (%)	Quadrado médio ⁽¹⁾		
			Coleta	Clones	Resíduo
DRC (%)	31,628126	8,435	99,9603153**	4,5878136 ^{ns}	7,1170980
N (%)	0,593437	10,858	0,0400424**	0,0258115**	0,0041519
Cinzas (%)	0,198750	18,993	0,0151857**	0,0073750**	0,0014250
P_O	58,468750	9,780	330,9598214**	243,5312500**	32,6979167
V_R	111,062500	4,284	226,4107143**	605,2083333**	22,6369048
PRI	52,406250	11,617	126,7098214*	284,1145833**	37,0669643

⁽¹⁾ Os graus de liberdade de coleta, clone e resíduo são 7, 3 e 21, respectivamente. ^{ns} Não-significativo. * e ** Significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados de DRC variaram de 18,5% (IAN 873) a 45,0% (PB 235) nas oito coletas efetuadas, apresentando um comportamento de pico máximo no mês de fevereiro, período de máxima atividade fotossintética, e mínimo em junho, em razão da baixa atividade fotossintética (Figura 1) explicada também pelas condições de envelhecimento das folhas (Serres et al., 1994). O clone GT 1 apresentou a menor variação ao passo que a maior variação foi observada no IAN 873. O clone mais instável e o de menor média de DRC foi o RRM 600. Resultados de

correlações sugerem que a variação de DRC deve-se às alterações climáticas ao longo do ano e que a maior ou menor resposta do clone ao ambiente ocorre em virtude de fatores genéticos inerentes ao mesmo. O DRC no látex tende a diminuir com a redução da temperatura (período de janeiro a junho de 1997) (Tabela 2). Com o processo de refolhamento das árvores (meses de julho a agosto de 1997) e aumento da temperatura, a atividade fotossintética tende a aumentar, proporcionando o aumento do DRC no látex. Ao contrário dos estudos de D'Auzac et al. (1989)

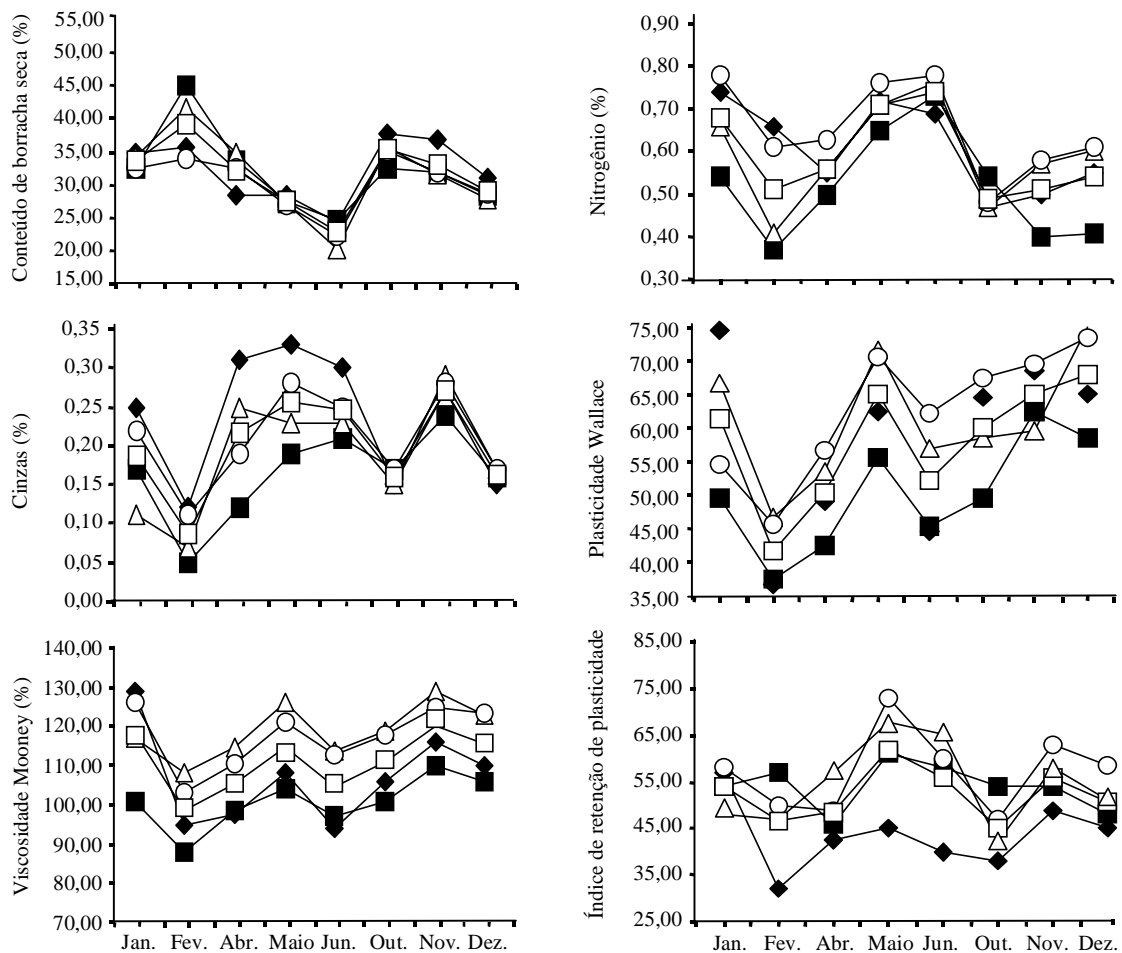


Figura 1. Efeito anual das propriedades do látex e da borracha natural de quatro clones (GT 1, ◆; PB 235, ■; IAN 873, △; RRM 600, ○ e média, □) de seringueira plantadas na região de Matão, SP.

e Serres et al. (1994), a precipitação pluviométrica não influenciou o DRC. Altos coeficientes de correlação foram constatados entre o DRC no látex e a porcentagem de N, porcentagem cinzas e PRI, indicando que, quanto maior a porcentagem do DRC, menor as porcentagens de N, cinzas e redução do índice de retenção de plasticidade da borracha dos clones estudados (Tabela 3).

O conteúdo de N da borracha seca fornece uma estimativa da quantidade de proteínas presentes na borracha natural. A presença excessiva de substâncias nitrogenadas na borracha, depois de processada e vulcanizada, levará a propriedades de resistência insatisfatórias (Wisniewski, 1983). Segundo Esah (1990), as borrachas de boa qualidade devem exibir teores de N entre 0,2% e 0,6%. Os clones RRIM 600 e GT 1 possuem porcentagem de N um pouco acima de 0,6% ao longo do ano, o que caracteriza o teor máximo em uma borracha dentro dos padrões de qualidade, segundo as especificações do Standard Malaysian Rubber (SMR) (Webster & Baulkwill, 1989) (Figura 1). O clone PB 235 mostrou a menor porcentagem de N e as maiores variações ao longo do ano, em virtude das alterações climáticas, sugerindo a produção de borrachas com pouca uniformidade ao longo do ano.

As porcentagens de N obtidas na borracha dos clones demonstraram uma tendência geral de aumento no período de janeiro a junho de 1997, meses de maior número de horas de sol e processo contínuo de senescência (Figura 1). Esse comportamento de aumento da porcentagem de N, no período descrito acima, pode estar associado aos processos de envelhecimento e queda das folhas, pois, antes que elas caiam, há a retirada de alguns nutrientes minerais para posterior utilização nos processos de

refolhamento e florescimento. Entre os nutrientes assimilados, estão o N, K, P, S e Cl, que são ligados a substâncias orgânicas e são mais facilmente translocados, assim como os íons dos metais alcalinos, especialmente o potássio. O relacionamento entre porcentagem de N e as variações climáticas mostrou alto coeficiente de correlação negativa com a temperatura ($r = -0,68$), ou seja, quanto maior a temperatura, menor a porcentagem de N na borracha dos clones (Tabela 2). O coeficiente de correlação entre as diferentes propriedades revelou uma forte relação da porcentagem de N com PRI, indicando que esses dois caracteres estão fortemente associados. Ao contrário do que se esperava, a baixa relação da porcentagem N com insolação parece não influenciar no processo de síntese de proteínas.

Os resultados da porcentagem de cinzas foram baixos, comparados aos obtidos por Esah (1990) e Haque et al. (1995), indicando uma menor quantidade de impurezas na borracha. O uso de frascos de boca estreita como coletores do látex pode ter influenciado diretamente os valores das porcentagens de cinzas, protegendo das impurezas no ato da coleta, contribuindo para a baixa porcentagem de cinzas. Entretanto, segundo Hwee & Tanaka (1993), a variação dessas propriedades também depende muito dos fatores ambientais e genéticos intrínsecos aos clones. A maioria dos clones apresentou um aumento percentual gradativo na porcentagem de cinzas do segundo para o terceiro mês de coleta, com algumas variações peculiares, explicadas pelas variações climáticas aliadas ao clone durante as coletas (Figura 1). O clone GT 1 apresentou o maior valor médio em porcentagem de cinzas (0,24 %) e o clone PB 235, o menor (0,16 %) (Tabela 3). O clone IAN 873, por apresentar um coeficiente de variação alto

Tabela 2. Estimativas de correlações lineares simples entre variáveis climáticas e propriedades do látex e borracha natural relativas ao conteúdo de borracha seca no látex (DRC), porcentagem de nitrogênio, porcentagem de cinzas, plasticidade Wallace (P_o), viscosidade Mooney (V_R) e índice de retenção de plasticidade (PRI) de quatro clones de seringueira no Município de Matão, SP.

Variável climática	DRC	N (%)	Cinzas (%)	P_o	V_R	PRI
Temperatura máxima	0,7515	-0,6765	-0,5291	0,1731	0,3472	-0,5144
Temperatura mínima	0,6918	-0,6227	-0,5053	0,1874	0,3598	-0,3895
Temperatura média	0,7263	-0,6483	-0,5256	0,1759	0,3518	-0,4492
Precipitação pluvial	0,1784	-0,2890	-0,0889	-0,0510	0,0118	-0,0473
Insolação	-0,2991	0,1874	0,0572	0,6034	0,5504	0,0213
Umidade relativa	-0,4631	-0,0394	0,0331	0,0630	-0,1764	-0,1597

(CV = 37,50%), mostrou-se mais sensível às variações do clima, enquanto o clone RRIM 600 foi o que apresentou borrachas com menores variações de porcentagem de cinzas ao longo do período estudado. Nenhum dos clones excedeu o valor de 0,50% de cinzas, valor máximo recomendado pelo SMR (Webster & Baulkwill, 1989).

Foram obtidos coeficientes de correlação negativos entre porcentagem de cinzas e a temperatura ($r = -0,52$) (Tabela 2). Esse comportamento também pode estar associado aos processos de envelhecimento e queda das folhas. Os elementos móveis N, K, P, S e Cl estão em altas concentrações nas folhas jovens, e com o envelhecimento são gradualmente retirados das folhas. Deste modo, ocorre o aumento da porcentagem de cinzas no período descrito acima.

O coeficiente de correlação linear entre porcentagem de cinzas e porcentagem de DRC ($r = -0,67$) mostra a existência de uma associação negativa entre estes parâmetros (Tabela 4).

A viscosidade da borracha é uma propriedade importante, usualmente averiguada com instrumentos Wallace e Mooney nos testes de controle de qualidade. O plastímetro Wallace é usado para medir o índice de retenção de plasticidade, enquanto o viscosímetro Mooney é usado principalmente para medir e checar o grau da estabilização da viscosidade em borrachas estabilizadas ou com viscosidade controlada (Bateman & Sekahar, 1966).

A plasticidade da borracha é muito importante, já que a mesma somente pode ser processada quando

são adicionados os diversos ingredientes para vulcanizar e promover as propriedades desejadas no artigo a ser fabricado (Nair, 1970; Esah, 1990). Segundo esses autores, as borrachas excessivamente duras, com elevados valores na escala Mooney ou Wallace, nem sempre são as preferidas, já que elas utilizam excesso de mão-de-obra, tempo e energia durante o processamento.

Segundo Na-Ranong et al. (1995), a plasticidade Wallace (P_O) está relacionada ao comprimento da cadeia do poliisopreno, a qual é uma medida do estado de degradação da borracha. Ela varia de clone para clone, e também entre as coletas (Figura 1). Fatores como processamento, condições de secagem, e mastigação podem afetar consideravelmente os valores P_O (Sambhi, 1989). Os clones RRIM 600 e PB 235 possuem grandes e pequenas estruturas de cadeias poliméricas, respectivamente (Tabela 2). No entanto, todos os clones possuem P_O acima de 30 unidades. Segundo Nair (1970), as borrachas com valores abaixo de 30 seriam consideradas muito moles.

A plasticidade Wallace apresentou correlação positiva ($r = 0,60$) com o número de horas de insolação indicando que essa variável climática contribui de forma positiva no aumento da P_O , podendo estar relacionado a um aumento da massa molecular média do poliisopreno, devido a uma maior atividade fotossintética.

Os clones IAN 873 e RRIM 600 apresentaram os maiores valores de viscosidade Mooney (V_R), ao passo que os menores valores foram observados nos clones PB 235 e GT 1 (Tabela 4). As borrachas dos clones mostraram, no geral, valores elevados de V_R , indicando a necessidade de maior empenho para processá-las (Wisniewski, 1983), e portanto são consideradas como borrachas duras. As curvas da viscosidade Mooney e da plasticidade de Wallace apresentaram comportamentos semelhantes, considerando que ambas propriedades estão relacionadas à massa molar de polímero (Figura 1). A V_R mostrou grande variação intraclonal entre as coletas, em virtude da maior ou menor quantidade de constituintes não borracha que influenciam nas características da borracha, como por exemplo a formação de ligações cruzadas. Borrachas, quando estocadas em condições de temperatura e umidade ambiente, tenderão a aumentar a quantidade de ligações cruzadas. Essas ligações ocasionam aumento adicional da V_R , causa-

Tabela 3. Estimativas de correlações lineares simples entre propriedades do látex e borracha natural, relativos ao conteúdo de borracha seca no látex (DRC), porcentagem de nitrogênio, porcentagem de cinzas, plasticidade Wallace (P_O), viscosidade Mooney (V_R), índice de retenção plástica (PRI) da média de quatro clones de seringueira no Município de Matão, SP.

Propriedades	N (%)	Cinzas (%)	P_O	V_R	PRI
DRC	-0,736490	-0,669567	-0,336169	-0,147540	-0,650397
N (%)	-	0,497860	0,086492	0,064045	0,741430
Cinzas (%)	-	-	0,470359	0,481834	0,779833
P_O	-	-	0,929703	0,478310	-
V_R	-	-	-	-	0,488218

Tabela 4. Médias e coeficientes de variação das propriedades de seringueira relativas ao conteúdo de borracha seca do látex (DRC), porcentagem de nitrogênio, porcentagem de cinzas, plasticidade Wallace (P_O), viscosidade Mooney (V_R) e índice de retenção de plasticidade (PRI) de quatro clones de seringueira no Município de Matão, SP.

Clone	DRC (%)		N (%)		Cinzas (%)		P_O		V_R		PRI	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
GT 1	32,2188	14,08	0,6100	16,06	0,2350	32,96	58,6250	21,06	106,9375	10,35	43,5625	16,08
PB 235	32,0375	17,71	0,5175	22,78	0,1638	33,16	50,5833	15,55	100,7292	6,11	54,0417	8,70
IAN 873	31,7063	19,27	0,5925	18,52	0,1875	37,50	61,4792	14,42	118,7708	5,47	54,5417	15,68
RRIM 600	30,5250	13,16	0,6538	15,60	0,2088	26,83	62,9583	14,30	117,4583	6,45	57,3125	14,02
Média	31,6219	14,80	0,5934	15,77	0,1988	29,00	58,4115	14,54	110,9740	6,39	52,3646	10,00

do pelas reações entre as moléculas de poliisopreno envolvendo grupos aldeídos ou carbonil (Subramaniam, 1975) e condensação de grupos aldeídos na fase não borracha, incluindo alguns aminoácidos (Gregory & Tan, 1976).

A correlação linear entre P_O e V_R ($r = 0,93$) foi semelhante aos valores encontrados por Bateman & Sekahar (1966), Nair (1970) e Esah (1990). Por sua vez, as estimativas de correlação linear simples da V_R com variáveis climáticas mostraram pequena influência ($r = 0,55$) da insolação sobre essa propriedade da borracha natural.

Os valores do PRI fornecem uma estimativa da resistência à degradação termooxidativa (Sekaran, 1988; Sambhi, 1989; Na-Ranong et al., 1995). Altos valores de PRI correspondem a uma boa resistência ao aquecimento, que leva à degradação termooxidativa. As especificações do SMR (Rubber Research Institute of Malaysia, 1979) padronizam o valor de 60% para todas as classes de borrachas como um mínimo necessário. Os valores de PRI dos clones estão abaixo da especificação do SMR (Tabela 3), e somente o clone RRIM 600 está próximo em atender a essa especificação.

Com base nas oito coletas efetuadas, a borracha do clone GT 1 apresentou a menor resistência à degradação térmica. As variáveis climáticas apresentaram muito pouca influência nessa propriedade (Tabela 2). Houve uma associação negativa entre o PRI e a porcentagem do DRC do látex ($r = -0,65$) pois, com o aumento do DRC no látex, os constituintes não-borracha não protegem, de modo uniforme, as partículas de borracha dispersa no látex, ocasionando a diminuição do PRI (Na-Ranong et al., 1995). O PRI também teve uma correlação positiva com a porcentagem de N e a porcentagem de cinzas ($r = 0,78$).

Conclusões

1. Com exceção do conteúdo da borracha seca no látex, há diferenças entre os clones em relação a porcentagens de N e cinzas, plasticidade Wallace, viscosidade Mooney e índice de retenção de plasticidade.
2. A temperatura do ar tem grande influência no conteúdo de borracha seca no látex das borrachas dos clones IAN 873, PB 235, RRIM 600 e GT 1.
3. As coletas das amostras do látex/borracha apresentam diferenças altamente significativas em relação à maior parte das propriedades do látex e borrachas indicando uma alta variabilidade ao longo do ano.
4. As borrachas dos clones estudados são pouco resistentes à degradação termooxidativa.

Agradecimentos

À Cambuhy Empreendimentos Agropecuários por facilitar o processo de coletas no seringal; a Eveline Vaidergorin, do IPT, pelas análises de plasticidade Wallace e viscosidade de Mooney; a Gilberto Batista de Souza, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, pelas análises de porcentagem de nitrogênio; a Andréa Cardoso Guerreiro e Graziela dos Santos Lima, do Programa Seringueira do IAC, pelas análises estatísticas e digitação do trabalho, respectivamente.

Referências

- BATEMAN, D.; SEKAHAR, B. C. Significance of IRP in raw and vulcanized natural rubber. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, v. 19, n. 3, p. 133-142, 1966.

- BERNARDES, M. S.; VEIGA, A. S.; FONSECA FILHO, H. Mercado brasileiro de borracha natural. In: BERNARDES, M. S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: Esalq, 2000. p. 365-388.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1960. 634 p. (Boletim, 12).
- D'AUZAC, J.; JACOB, J. L.; CHRESTIN, H. **Physiology of rubber tree latex**. Boca Raton: CRC Press, 1989. 469 p.
- ESAH, Y. Clonal characterization of latex and rubber properties. **Journal of Natural Rubber Research**, Kuala Lumpur, v. 5, n. 1, p. 52-80, 1990.
- GONÇALVES, P. de S.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A.; FONSECA, F. da S. **Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1992. 78 p. (Boletim Técnico, 189).
- GREGORY, M. J.; TAN, A. S. Some observations on storage hardening of natural rubber. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, 1975, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur: Rubber Research Institute of Malaysia, 1976. v. 4, p. 28-35.
- HAQUE, M. E.; AKHTAR, F.; DAFADER, N. C.; AL-SIDDIQUE, F. R. Characterization of natural rubber latex concentrate from Bangladesh. **Macromolecules Reports**, Akron, v. 32, n. 4, p. 435-445, 1995.
- HWEE, E. A.; TANAKA, Y. Structure of natural rubber. **Trends in Polymer Science**, Oxford, v. 3, n. 5, p. 493-513, 1993.
- INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP (Wembley, Inglaterra). Production and consumption of natural rubber. **Natural Rubber Statistical Bulletin**, Wembley, v. 56, n. 8, p. 9-18, 2002.
- JACOB, J. L.; PREVOT, J. C.; ESHBACH, J. M.; LACROTTE, R.; SERRES, E.; VIDAL, A. Latex flow, cellular regeneration and yield of *Hevea brasiliensis* influence of hormonal stimulation. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON PLANT PHYSIOLOGY, 1988, New Delhi. **Proceedings...** New Delhi: Rubber Research Institute of India, 1988, p. 15-20.
- LE ROUX, Y.; EHABE, E.; SAINTE-BEUVE, J.; NKENGAFAC, J.; NKENG, J.; NGOLEMASANGO, F.; GOBINA, S. Seasonal and clonal variation in the latex and raw rubber of *Hevea brasiliensis*. **Journal of Rubber Research**, Kuala Lumpur, v. 3, n. 3, p. 142-156, 2000.
- LOYEN, G. Le futur du caoutchouc naturel et l'Inro. **Plantations, Recherche, Développement**, Montpellier, v. 5, n. 4, p. 261-268, 1998.
- NAIR, S. Dependence of bulk viscosities (Mooney and Wallace) on molecular parameters of natural rubber. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 23, n. 1, p. 76-86, 1970.
- NA-RANONG, N.; LIVONNIERE, H. de; JACOB, J. L. Natural rubber: doubts about the IRP. **Plantations, Recherche, Développement**, Montpellier, v. 2, n. 2, p. 44-45, 1995.
- PEREIRA, J. da P.; DORETTO, M.; LEAL, A. C.; CASTRO, A. M. G. de; RUCKER, N. A. **Cadeia produtiva da borracha natural: análise diagnóstica e demandas atuais no Paraná**. Londrina: Iapar, 1996. 85 p. (Documento, 23).
- RESING, W. L. Variability of *Hevea* latex. **Archives Rubberculture**, New York, v. 32, n. 75, p. 15-17, 1955.
- RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA (Kuala Lumpur, Malaysia). **Revisions to standard Malaysian rubber scheme**. Kuala Lumpur, 1979. 110 p. (SMR Bulletin, 9).
- SAMBHI, M. S. An analysis of the plasticity retention index of the standard Malaysian rubber scheme. **Journal of the Natural Rubber Research**, Kuala Lumpur, v. 4, n. 2, p. 133-140, 1989.
- SANTOS, E. L. Importância da padronização técnica das borrachas naturais brasileiras para a indústria de artefatos leves e pesados. In: CONGRESSO DE TECNOLOGIA DA BORRACHA, 5., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Tecnologia da Borracha, 1985. p. 463-470.
- SEKARAN, N. Characterization of natural rubber for greater consistency. **Rubber World**, Akron, v. 198, n. 4, p. 27-30, 1988.
- SERRES, E.; LACROTTE, R.; PREVOT, J. C.; CLEMENT, A.; COMMERE, J.; JACOB, J. L. Metabolic aspects of latex regeneration *in situ* for three *Hevea* clones. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, Kottayam, v. 7, n. 2, p. 72-88, 1994.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.
- SUBRAMANIAM, A. Molecular weight and other properties of natural rubber: a study of clonal variation. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, 1975, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur: Rubber Research Institute of Malaysia, 1975. v. 4, p. 78-85.
- VARGHESE, L.; RADHAKRISHNAN, N.; JUMARAN, M. G. Crop collection and processing. In: GEORGE, P. J.; JACOB, C. K. **Natural rubber agro management and crop processing**. Kottayam: Rubber Research Institute of India, 2000. p. 377-398.
- WEBSTER, C. C.; BAULKWILL, W. J. **Rubber**. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. 614 p.
- WISNIEWSKI, R. **Látex e borracha**. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1983. 171 p. (Informe Técnico, 4).