

INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DA CASCA DE *Vochysia thyrsoidea* NA TRANSFERÊNCIA DE CALOR PARA O CÂMBIO

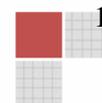
Ailton Teixeira do Vale², Tatiana Bortoluzzi Cardoso³, Reginaldo Sérgio Pereira¹, Ildeu Soares Martins²

RESUMO - Amostras de casca, com seção de 12 x 20 cm, provenientes de uma amostragem de vinte árvores de *Vochysia thyrsoidea*, escolhidas aleatoriamente, com diâmetros situados entre 5 e 33 cm, foram coletadas. Os parâmetros espessura, teor de umidade máximo, densidade da casca e tempo para atingir a temperatura de 60 °C, no câmbio (temperatura letal) foram determinados. Para a determinação da espessura e da umidade, a casca foi dividida em duas partes: (a) casca viva; e (b) casca morta. A análise dos dados foi feita com o auxílio da análise de correlação e de regressão, tendo o tempo de elevação de temperatura no câmbio como principal variável dependente. Os resultados demonstraram a grande influência da espessura da casca do tronco de *Vochysia thyrsoidea* na proteção do câmbio, ficando evidente, também, a maior eficiência da casca morta na proteção do câmbio, em relação à casca viva. O teor de umidade máximo da casca ou de suas partes, não exerceu influência significativa no tempo de elevação da temperatura no câmbio, diminuindo com o aumento da espessura. A densidade da casca não teve influencia significativa sobre o tempo de elevação da temperatura e nem sobre a espessura da casca.

Palavras-chave: transmissão de calor, casca, *Vochysia thyrsoidea*.

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, CEP 70910-900, Brasília (DF). E-mail: atvale@unb.br; reginaldosp@unb.br;

³ Estudante de graduação em Engenharia Florestal da UnB. E-mail: tatibortoluzzi@yahoo.com.br



INFLUENCE OF PROPERTIES OF THE BARK OF VOCHYSIA THYRSOIDEA IN TRANSFER OF HEAT TO THE CAMBIO

ABSTRACT - Twenty samples of bark section of 12 x 20 cm, were collected from trees in twenty *Vochysia thyrsoidea*, chosen randomly, with diameters between 5 and 33 cm. It was determined: the thickness, the maximum moisture content, density of the bark and the time to reach the temperature of 60 °C, in cambio (lethal temperature). To determine the thickness and moisture, the bark was divided into two parts: bark alive and dead bark. Data analysis was done with the analysis of correlation and regression, taking the time to increase in temperature in cambio as the main dependent variable. The results demonstrated the great influence of the thickness of the bark of *Vochysia thyrsoidea* in protecting the cambio, however, was shown also that the participation of dead bark is more effective than the bark alive. The maximum moisture content of the bark or its parts, not exerted significant influence on time to raise the temperature, decreasing with increasing thickness. The density of the bark had no significant influence on the time to raise the temperature and not on the thickness of the bark.

Key words: heat transfer, bark, *Vochysia thyrsoidea*.

1. INTRODUÇÃO

O uso do fogo, observadas todas as medidas preventivas que prescreve uma queima controlada, pode ser uma ferramenta útil ao homem. Entretanto, é sabido que seus efeitos são drásticos a médio e longo prazo, conforme destacaram Bonfim et al., (2003).

Fiedler et al., (2004), em estudo sobre o efeito do fogo na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto, observou que a riqueza florística do cerrado modificou-se após a ocorrência de fogo. A vegetação do cerrado possui fenologia sazonal, solos pobres em nutrientes e a ocorrência de fogo durante a estação seca, quando a redução no teor de água aumenta a capacidade de combustão da

vegetação, é comum e tem ocorrido a milhares de anos (COUTINHO, 1990; VICENTINI, 1992; MIRANDA ET AL., 1996).

A morte do câmbio, na base do tronco, quando submetido a altas temperaturas que atravessam a casca é uma das principais causas da mortalidade de árvores em incêndios florestais. Wright et al., (1982) afirmaram que os danos causados pelo fogo na vegetação são ocasionados pela permanência prolongada de altas temperaturas durante as queimadas, isto é, pelo binômio tempo-temperatura. O trabalho realizado por Kayll (1963) permitiu chegar à premissa de que a quantidade de calor que chega ao câmbio é inversamente proporcional à espessura da casca e diretamente proporcional ao teor de umidade da mesma.

As plantas apresentam estratégias de sobrevivência às condições adversas do meio, interagem com o ambiente e respondem fisiologicamente e morfológicamente de forma distinta. Muitas espécies apresentam características que são apontadas como adaptações a uma maior tolerância ou resistência à queima, tais como, engrossamento da casca dos troncos, rebrotação a partir de órgãos subterrâneos (bulbos, rizomas e xilopódios), proteção de gemas apicais por um denso espessamento de pêlos em espécies lenhosas etc. A casca foi apontada por Soares et al., (2007) como sendo o mais importante dos mecanismos de proteção da árvore contra os incêndios florestais, por ser um excelente isolante térmico.

Guedes (1993) estudou as características termofísicas da casca de algumas espécies de cerrado e verificou que para se reconhecer os reais efeitos das queimadas e estratégias de resistência ao fogo nessas espécies, era necessário o desenvolvimento de estudos complementares referentes às propriedades termofísicas da casca, incluindo o fator densidade.

Desta forma, estudos sobre a eficiência da casca, na proteção do câmbio, de espécies lenhosas, contra o fogo, são de fundamental importância devendo pautar pela caracterização da arquitetura, composição química, densidade, conteúdo de umidade e espessura.

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a casca de *Vochysia thyrsoidea* quanto à densidade e umidade máxima, conforme sua espessura, e analisar a relação destas características com a transmissão de calor, através de análise de

variância e de correlação, visando contribuir para o entendimento da resistência e da susceptibilidade da vegetação lenhosa aos efeitos decorrentes de fogos florestais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na estação experimental da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa (FAL), com área aproximada de 4340 ha localizada a uma altitude de 1.100 m nas coordenadas 15°56'-15°59' S e 47°55'-47°58' WGr. A FAL possui uma área de, aproximadamente, 4.340 ha. A amostragem das cascas de *Vochysia thyrsoidea* foi feita em área de vegetação do tipo cerrado *sensu stricto*.

2.2. Coleta de amostras de casca

Vinte árvores de *Vochysia thyrsoidea* foram escolhidas aleatoriamente, em função da sua produção de biomassa, conforme constato por Vale e Felfili (2005), entre os diâmetros de 5 e 33 cm, para a coleta de casca. Com auxílio de ferramentas de corte, foi coletada uma amostra de cada árvore viva, na forma de um painel retangular de 12 x 20 cm. Imediatamente após a coleta, as amostras foram identificadas e colocadas em sacos plásticos, que foram hermeticamente fechados, sendo em seguida, conduzidas para o laboratório de Propriedades Energéticas da UnB, localizado na Fazenda Água Limpa.

2.3. Ensaio de laboratório

Cada amostra de casca *Vochysia thyrsoidea* foi dividida em três partes e as seguintes determinações foram realizadas: (a) medição do tempo necessário para elevação da temperatura até atingir 60 °C no câmbio, temperatura essa, letal para o câmbio, segundo Guedes (1993); (b) densidade e teor de umidade máximo, segundo as recomendações de Foelkel et al., (1971), Vital (1984 e 1997).

Os ensaios de transferência de calor entre a parte externa e o câmbio, tendo como fonte de calor uma chapa elétrica de laboratório aquecida a 200 °C foram conduzidos no laboratório de Propriedades Energéticas da UnB. Baseado no sistema desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Novos Materiais (GPNM) da Universidade Federal do Mato Grosso e adaptando-o para a condição do trabalho, duas caixas de MDF (médium density fiber) foram construídas de forma que uma encaixava dentro da outra, deixando um espaço entre elas para ser preenchido com lã de vidro; as partes foram fixadas e as faces externas revestidas com folhas de alumínio.

O conjunto, foi colocado sobre a chapa aquecida a 200 °C e dentro da caixa foi colocada a amostra de casca com a parte externa (morta) voltada para baixo em contato direto com a chapa aquecida e a face interna (viva), contendo o câmbio, ficava voltada para cima onde era colocado um termômetro para medir a temperatura, conforme ilustração da Figura 1. O ensaio finalizava-se quando a temperatura do câmbio atingia 60°C e o tempo necessário para atingir essa temperatura registrado.

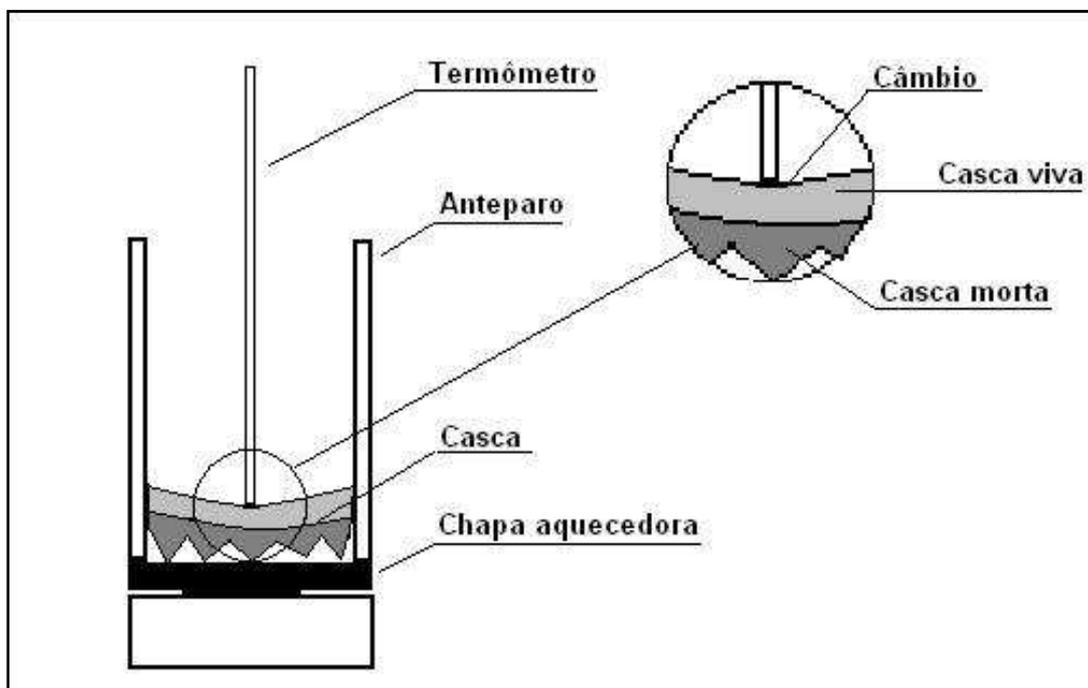


Figura 1 - Esquema do conjunto de aquecimento da casca de *Vochysia thyrsoidea*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da casca de *Vochysia thyrsoidea*

Os resultados da caracterização da casca dos troncos de *Vochysia thyrsoidea* encontram-se na Tabela 1. Com relação à espessura, a casca dos troncos apresentou, em média, 1,919 cm; a densidade básica média obtida foi de 0,556 g/cm³, valor esse semelhante ao valor encontrado por Vale (2000), o qual foi de 0,54 g/cm³; e o teor de umidade de 64,17 %, em base seca. Ressalta-se que da espessura total da casca de *Vochysia thyrsoidea*, 28 % (0,541 cm) é constituída por tecido vivo, com umidade máxima de 103 %, e os outros 72 % (1,378 cm) são constituídos por tecido fisiologicamente morto, com uma umidade máxima de 24,23 %, formado por fendas e cristas, que em conjunto protegem o câmbio.

Tabela 1 - Resultados da caracterização da casca de *Vochysia thyrsoidea*

Amostras	Tempo* (segundos)	Espessura da casca (cm)			Umidade da casca (%)			DBCI** (g/cm ³)
		Inteira	Viva	Morta	Inteira	Viva	Morta	
1	130	0,70	0,21	0,49	73,74	116,42	23,19	0,476
2	258	1,25	0,40	0,85	76,84	131,89	23,22	0,487
3	262	2,35	0,80	1,54	53,71	92,29	20,10	0,610
4	266	1,51	0,41	1,10	54,03	84,32	20,18	0,605
5	315	1,92	0,65	1,27	56,46	79,78	24,10	0,616
6	324	1,35	0,40	0,95	95,08	158,19	28,49	0,329
7	327	1,60	0,50	1,09	51,01	94,39	19,23	0,664
8	340	1,55	0,45	1,10	81,37	137,59	26,38	0,393
9	389	2,30	0,60	1,70	62,04	86,45	28,19	0,622
10	395	1,65	0,55	1,10	72,04	112,63	25,57	0,437
11	414	1,46	0,40	1,06	93,95	166,76	31,54	0,366
12	429	2,40	0,65	1,75	60,45	98,13	24,03	0,600
13	466	1,76	0,50	1,26	74,88	122,90	25,69	0,555
14	473	2,66	0,51	2,15	36,18	73,44	18,39	0,774
15	484	2,11	0,46	1,65	59,23	80,53	27,26	0,393
16	512	2,50	0,80	1,70	48,70	75,66	18,45	0,726
17	568	2,30	0,70	1,60	66,92	84,04	31,29	0,578
18	586	2,20	0,60	1,59	60,75	96,41	25,42	0,570
19	639	2,35	0,50	1,84	61,01	92,90	24,19	0,604
20	690	2,46	0,70	1,76	44,90	78,91	19,78	0,709
Média	6,89	1,92	0,54	1,38	64,17	103,18	24,23	0,556

*Tempo de elevação da temperatura à 60 °C; **Densidade básica da casca inteira.

3.2. Influência das propriedades da casca de *Vochysia thyrsoidea* com o tempo de elevação da temperatura do câmbio

A matriz de correlação entre as variáveis é apresentada na Tabela 2. Observa-se que o tempo de elevação da temperatura, para atingir 60 °C no câmbio, tem correlação positiva e significativa com a espessura da casca nas três situações consideradas, ou seja, casca inteira ($R^2 = 0,72$), casca viva ($R^2 = 0,48$) e casca morta ($R^2 = 0,74$), em nível de 1 % de probabilidade, o que indica que quanto maior a espessura da casca menor será a condução de calor.

Tabela 2 - Matriz de correlação entre as variáveis estudadas

VARIÁVEIS	Tempo	ECI	ECV	ECM	TUCI	TUCV	TUCM	DBCI
Tempo	1	0,72**	0,48*	0,74**	-0,31ns	-0,35ns	0,08ns	0,33ns
ECI		1	0,80**	0,97**	-0,67**	-0,68**	-0,22ns	0,65**
ECV			1	0,65**	-0,52*	-0,55*	-0,22ns	0,57**
ECM				1	-0,66**	-0,66**	-0,20ns	0,62**
TUCI					1	0,92**	0,74**	-0,88**
TUCV						1	0,52*	-0,79**
TUCM							1	-0,70**
DBCI								1

*significativo ao nível de 5 %; **significativo ao nível de 1 %. Siglas: ECI (*espessura da casca inteira*), ECV (*espessura da casca viva*), ECM (*espessura da casca morta*), TUCI (*teor de umidade da casca inteira*), TUCV (*teor de umidade da casca viva*), TUCM (*teor de umidade da casca morta*) e DBCI (*densidade básica da casca inteira*).

A espessura da casca morta apresentou maior correlação com o tempo necessário para o câmbio atingir 60 °C, indicando maior eficiência desse componente como isolante térmico em relação à casca viva. Um fator que contribuiu com a capacidade isolante da casca morta foi a maior quantidade de ar presente em seu interior, em relação à casca viva, que ao contrário possui mais água; com isso, há uma diminuição da condução de calor, uma vez que o ar tem condutividade térmica de 0,021 kcal/mh°C, 30 vezes menor que a da água, que é de 0,5 kcal/mh°C. Outro fator relacionado à casca morta, que contribuiu para a maior proteção do câmbio, principalmente nas árvores de

menores diâmetros, é a arquitetura externa da casca morta, formada de fendas e cristas (Figura 2) implicando em um aumento significativo da área superficial externa, otimizando a dissipação do calor.

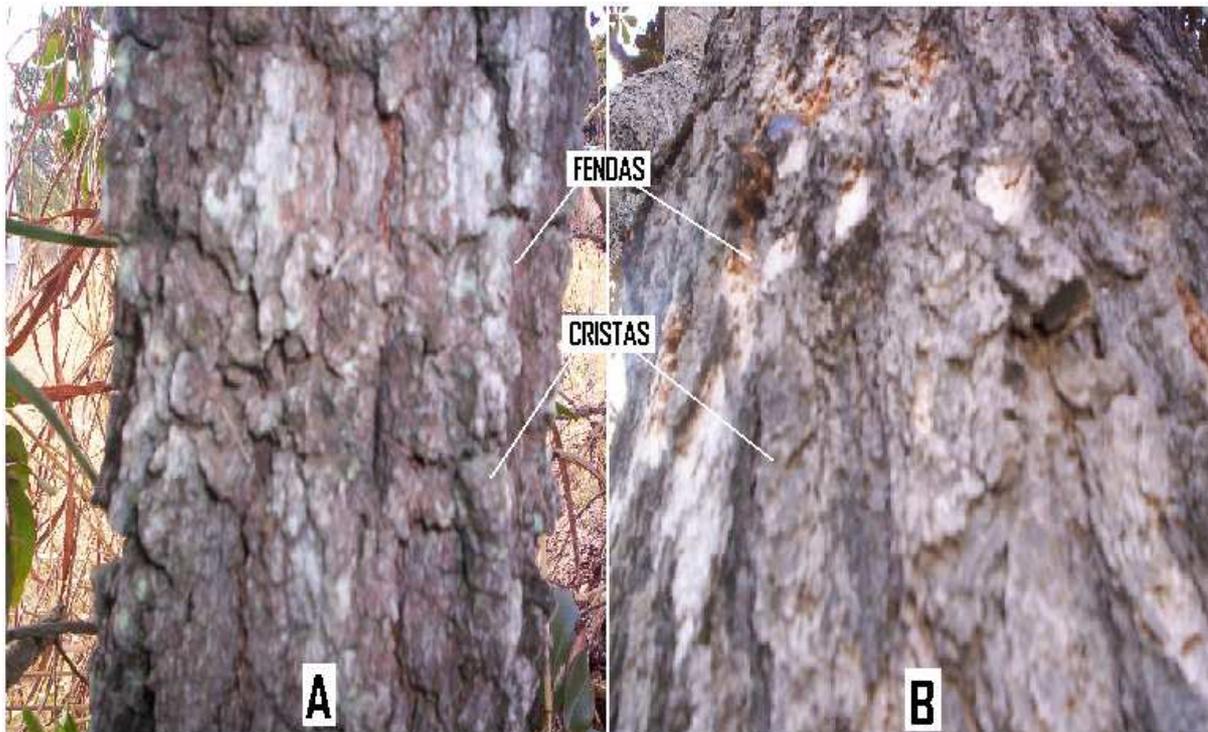


Figura 2 – Árvores de *Vochysia thyrsoidea* mostrando a casca morta com destaque para a presença de fendas e cristas em tronco de menor (A) e maior (B) diâmetro.

Segundo Mady (2008), os três mecanismos essenciais de transporte de calor são: a irradiação, a convecção e a condução; a condução é considerada como o principal modo de transferência de calor nos sólidos (MADY, 2008; CALEGAN ET AL., 2005). A condução de calor na madeira tem como premissa uma relação direta com a densidade e com a umidade. Neste sentido esperava-se uma relação negativa e significativa entre o tempo de elevação da temperatura com a densidade e umidade. No entanto, de acordo com os resultados da Tabela 2, esta premissa não se concretizou para a casca, uma vez que não foi possível observar correlação significativa entre o tempo necessário para a temperatura no câmbio atingir 60 °C e a densidade básica da casca inteira; o mesmo fato aconteceu com a umidade máxima.

Mesmo apresentando uma correlação positiva e significativa ($R^2 = 0,65$) com a densidade básica e uma correlação negativa e significativa ($R^2 = - 0,67$) com a umidade máxima, tudo indica que o efeito da espessura da casca sobre a condução de calor é de tal magnitude que mascara o efeito da umidade e da densidade.

3.3. Contribuição das espessuras das cascas total, viva e morta no tempo elevação da temperatura

A Figura 3 (a, b e c) ilustra a relação direta e significativa do tempo com a espessura da casca, mostrando que 52, 23 e 54 % da variação do tempo de elevação da temperatura se deve a variação, respectivamente, da espessura total da casca, espessura da casca viva e espessura da casca morta. Resultados semelhantes foram encontrados por Gava et al., (1995), trabalhando com temperatura de 900 °C e duas espécies do gênero *Eucalyptus*, ou seja, uma relação direta entre o tempo necessário para que a temperatura cambial atingisse 60 °C e a espessura, com coeficientes de determinação de 0,96 e 0,90 respectivamente, para *Eucalyptus torelliana* e *Eucalyptus tereticornis*. Uma provável explicação para menores coeficientes de determinação encontrados neste trabalho, talvez seja a arquitetura da casca de *Vochysia thyrsoidea*, constituída de cristas e vales, que varia independente da espessura alterando o regime de dissipação de calor. UHL (1990) trabalhando com espécies da Amazônia e estudando a influência da espessura da casca na temperatura cambial e não na elevação da temperatura, observou uma relação inversa entre estas características.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que quanto maior a espessura da casca maior é o tempo para que se alcance a temperatura letal do câmbio. Ao separar a casca viva e a casca morta observou-se que a porção de casca morta teve maior relação com o tempo de elevação da temperatura, indicando que a condição isolante da casca está principalmente relacionada com a porção de casca morta. O efeito da espessura da casca prevalece sobre o efeito da densidade e a umidade.

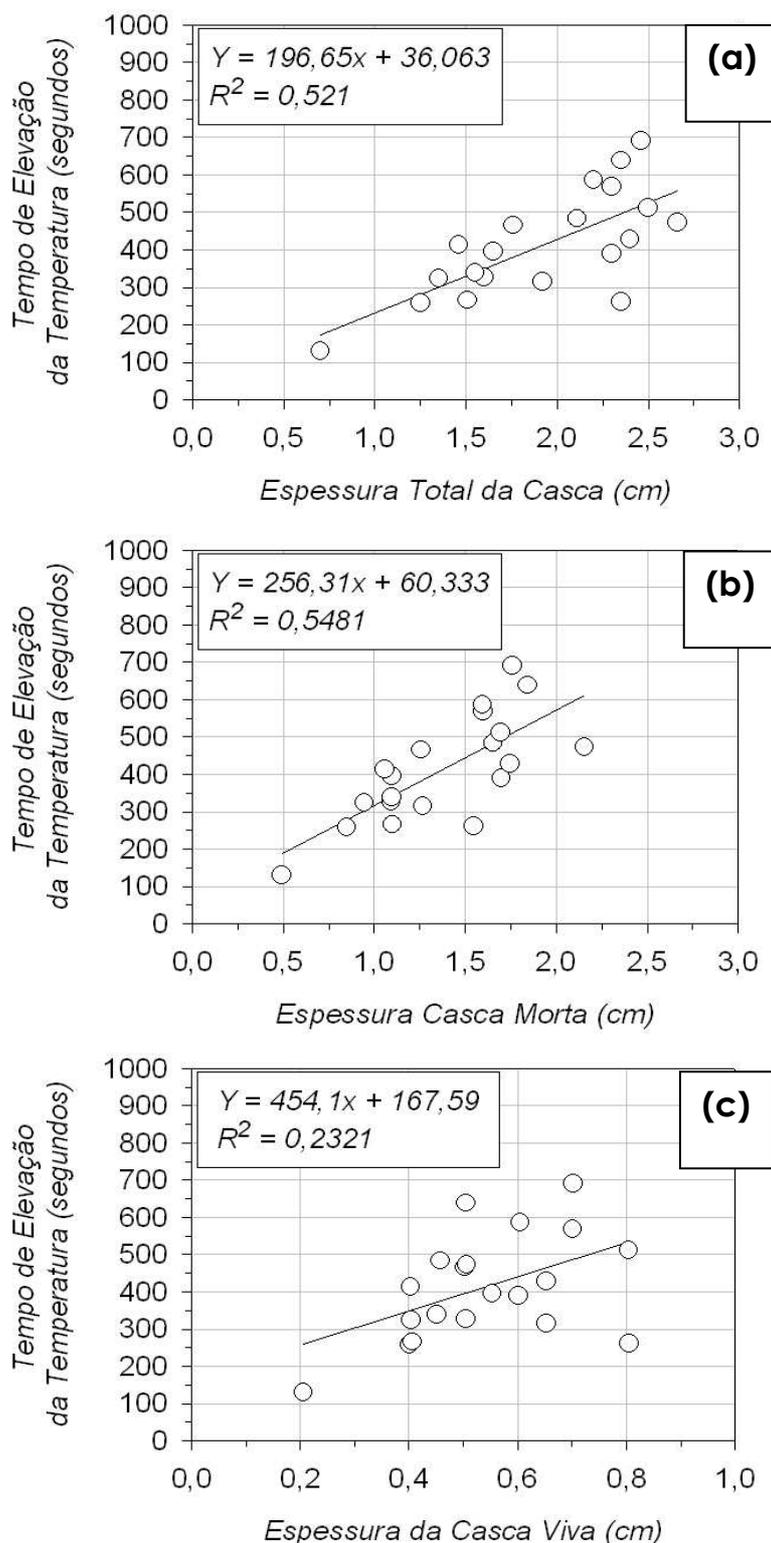


Figura 3 - Tempo de elevação da temperatura em função da espessura da casca de *Vochysia thyrsoidea*: (a) casca total; (b) casca viva; e (c) casca morta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. MB 26/40 – determinação das características físicas e mecânicas. 15p.
- BOMFIN, V. R.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, E. ET AL. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, 2003. Pgs. 87-94.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (ed.) *Fire in the Tropical Biota – Ecosystem Processes and Global Challenges*. Ecological Studies, Vol 8A, Springer Verlag, Berlin. p. 82 – 105, 1990.
- EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. *Boletim Técnico*, n.53. 1978.
- FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V. ET AL. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda água limpa-DF. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, 2004. Pgs. 129-138.
- FOELKEL, C.E.B., BRASIL, M.A.M., BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. Piracicaba, SP. *IPEF*, n.2/3: 65-74, 1971.
- FURLEY, P.A., RATTER, J.A. *An assessment of soil constraints on the distribution of plant communities at Fazenda Água Limpa, Brasília, DF*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGY OF CERRADO PLANTS. Campinas, SP. 1990.
- GAVA, J.L.; OMETTO, M.L.; NIBEL, T.M.M.; SEIXAS, F. Influência da espessura da casca de *Eucalyptus torelliana* e *Eucalyptus tereticornis* sobre a variação da temperatura do câmbio durante a ocorrência de um incêndio florestal. *IPEF* n.48/49, p. 126-132. 1995.
- GUEDES, D. M. Resistência das árvores do cerrado ao fogo: papel da casca como isolante térmico. Universidade de Brasília, Brasília, DF. Tese de Mestrado. 1993. 99p.
- VALE, A. T.; FELFILI, J. M. Dry biomass distribution in a cerrado sensu stricto site in central Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, 2005. p.661-669.
- VALE, A.T. Caracterização da biomassa lenhosa de um cerrado *sensu stricto* da região de Brasília para uso energético. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Campus de Botucatu. Botucatu-SP. Tese de Doutorado. 2000. 111p.

VITAL, B.R. *Métodos de determinação da densidade da madeira*. Boletim Técnico, n.2, 1984. 21p.

UHL, C. - Os caminhos do fogo na Amazônia. **Ciência hoje**, Rio de Janeiro, 11(65): 24-32, ago. 1990.

VITAL, B.R.; ANDRADE, A.M; VALENTE, O.F. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, n.41/42, p.44-49, jan./dez.1989

MADY, F.T.M. A condutividade térmica da madeira. **Revista da Madeira**. Ano 19 – nº112 – p.52-54 - Abril 2008.