

# Transmissão de Radiação Ultravioleta Através do Pelame e da Epiderme de Bovinos<sup>1</sup>

Roberto Gomes da Silva<sup>2</sup>, Newton La Scala Jr.<sup>3</sup>, Priscila Lombardi Bersi Pocay<sup>4</sup>

**RESUMO** - A transmissão de radiação ultravioleta de comprimentos de onda entre 250 e 360 nm através do pelame e da epiderme de bovinos foi determinada em laboratório, usando-se amostras de couro de animais recém-abatidos. A quantidade de radiação transmitida através do pelame depende da coloração e também das características estruturais do pelame (espessura da capa; comprimento, diâmetro, número e inclinação dos pêlos), pelas quais é definido o trajeto médio de um fóton pela massa de pêlos (L). A maior transmissão é proporcionada por pelames brancos com altos valores de L, ao passo que pelames negros em geral apresentam transmissão nula ou muito baixa. Quanto menos pigmentada a epiderme, maior a transmissão de radiação através da sua superfície. A melhor proteção é proporcionada por pelames negros com baixo valor de L sobre epiderme igualmente negra, mas em vista do aquecimento causado pela absorção de radiação térmica (em vacas Holandesas a temperatura das malhas negras atinge 44,1°C ao mesmo tempo em que a das malhas brancas é 37,7°C), a combinação ideal para ambientes tropicais é um pelame branco com baixo valor de L sobre epiderme negra, uma combinação dificilmente encontrada em animais de raças européias. Uma alternativa seria um pelame negro com um baixo valor de L. Animais vermelhos apresentam alta transmissão de radiação UV através da epiderme e do pelame, sendo desaconselhados para ambientes tropicais. Entretanto, foi observada uma vaca Holandesa com áreas isoladas de epiderme negra coberta com pelame branco, o que pode trazer perspectivas para uma seleção para combinações mais adequadas de epiderme e pelame em bovinos de raças européias.

Palavras-chave: bovinos, epiderme, pelame, radiação, ultravioleta

## Transmission of Ultraviolet Radiation Through the Haircoat and the Skin of Cattle

**ABSTRACT** - A laboratory study was carried on the transmission of ultraviolet radiation (UV, 250 to 360 nm wavelength) through the haircoat and the skin of cattle. Fresh samples of skin were measured under a solar simulator, taking account of the pigmentation of hair and skin and the structural characteristics of the haircoat (coat thickness, hair diameter, hair length, angle of the hairs to the skin surface, number of hairs per unit area), which defined the average free path length of a photon within the coat, L. White hairs with high L values showed the highest transmission coefficients, while black hairs presented in general very low or even nul transmission. The best protection against UV was given by black hairs with low L values over a black skin. However, because of the heating by absorption of thermal radiation (in a Holstein cow the temperature of the black spots reach 44.1°C at the same time that of the white spots is 37.7°C), the best choice for tropical environments will be a white coat with a low L value over a black skin. This is a combination hardly found in European cattle, however in the present study a Holstein cow was found with isolated areas of white hair over black skin. An alternative choice would be a black coat with a low L value. Red animals presented high UV transmission coefficients through both the coat and the skin, and are not good choices for tropical environments, unless they have also a high pigmented skin.

Key Words: cattle, haircoat, radiation, skin, ultraviolet

## Introdução

A radiação solar de comprimentos de onda ( $\lambda$ ) abaixo de 300 nm, incluindo parte da faixa ultravioleta (UV), é consideravelmente atenuada pelas camadas atmosféricas e, conforme URBACH (1997), somente os comprimentos de onda acima de 297 nm atingem a superfície terrestre, embora a radiação com valores  $\lambda < 300$  nm esteja presente em níveis de até  $0,017 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$  fora das camadas atmosféricas. A

penetração da radiação UV através da atmosfera é afetada não apenas pelas moléculas de  $\text{O}_2$  existentes nas altas camadas da estratosfera no processo fotoquímico da formação do ozônio, como ainda pelos aerossóis presentes e pelas nuvens, embora haja pouca informação sobre o efeito destas últimas (McKENZIE et al., 1991).

Embora a radiação UV seja essencial para as plantas (fotossíntese) e para os animais (síntese da vitamina D e fixação do cálcio), o seu excesso pode

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), proc. 97/09717-0.

<sup>2</sup> Professor Titular, Laboratório de Bioclimatologia, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 14870-000 Jaboticabal, SP. E-mail: rgomes@fcav.unesp.br

<sup>3</sup> Professor Assistente Doutor, Departamento de Ciências Exatas, FCAVJ-UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: lascala@fcav.unesp.br

<sup>4</sup> Bolsista de Iniciação Científica da FAPESP (proc. 97/09146-3).

ser extremamente prejudicial. A proteção natural dos animais contra a radiação UV é proporcionada pela camada de pêlos e pela melanina dos pêlos e da epiderme. A melanina é formada por células especializadas (melanócitos) localizadas na camada basal da epiderme e na extremidade dos folículos pilosos, pela oxidação de um composto ortodihidroxifenílico do aminoácido tirosina, proveniente da digestão de proteínas. A única função conhecida da melanina é a proteção contra a radiação UV, sendo essa função fundamental para os animais que vivem nas regiões intertropicais, onde a incidência dessa radiação é significativamente maior que nas regiões ditas temperadas.

Existe considerável evidência de que a absorção de doses elevadas de radiação UV na superfície corporal de bovinos constitui importante fator causal de neoplasias e que este problema é muito maior nas regiões intertropicais (NISHIMURA e FRISCH, 1977; BHUME et al., 1992; GARDINER et al. 1972; FRENCH, 1959; ANDERSON, 1963; ANDERSON et al., 1957).

Diversos estudos têm demonstrado que a capa de pelame é permeável à penetração da radiação solar (DAVIS JR. e BIRKEBAK, 1974; CENA e MONTEITH, 1975; HUTCHINSON e BROWN, 1969; KOVARIK, 1973; McARTHUR, 1987), especialmente de ondas curtas da faixa ultravioleta, evidenciando que a quantidade dessa radiação efetivamente absorvida pelo corpo depende em alto grau da estrutura física e da coloração do pelame e da pigmentação da epiderme.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos com diversas combinações de coloração do pelame e da epiderme, visando proporcionar subsídios para a escolha de melhores tipos de animais para criação a campo em regiões tropicais.

### Material e Métodos

Amostras frescas de couro bovino, nas dimensões aproximadas de 20 x 20 cm, foram obtidas por ocasião de necrópsias realizadas no Departamento de Patologia Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, procedentes de dois machos Nelore adultos, quatro vacas Holandesas, um bezerro Holandês e um mestiço indefinido. Essas amostras eram retiradas do centro do tronco, cerca de 25 cm abaixo da coluna vertebral,

sendo congeladas a  $-18^{\circ}\text{C}$  quando não era possível a sua avaliação imediata. O número pequeno de amostras deve-se a duas causas: (a) considerações de ordem patológica limitaram o número de amostras aproveitáveis; (b) nenhum abatedouro comercial concordou em fornecer amostras de couro, por motivos óbvios (prejuízos ao valor comercial do couro).

Para as determinações, uma amostra era descongelada (se fosse o caso) e cuidadosamente secada, primeiro passando-se uma toalha no sentido da orientação dos pêlos, evitando-se levantar os mesmos; depois, com os mesmos cuidados, usando o jato de ar aquecido de um secador de cabelos. Ao final, os pêlos assumiam uma aparência quase exatamente igual à que tinham *in vivo*.

Em seguida, uma área de cerca de  $4\text{ cm}^2$  era depilada com uma navalha, expondo-se a epiderme. O couro era finalmente estendido sobre uma placa de madeira compensada pintada de negro fosco, na qual havia um orifício de 5 cm de diâmetro. O conjunto era então disposto no centro focal de um simulador solar Oriel-1000W.

Este último é um dispositivo que simula a radiação solar sob condições especificadas, a partir de uma lâmpada de arco de xenônio, com feixe colimado de  $152 \times 152\text{ mm}$  e potência regulável. Usando uma série de filtros intercambiáveis, podem-se simular diversos níveis de massa atmosférica, entre 0 e 2. A irradiância total na faixa de comprimentos de onda entre 250 e  $1100\text{ nm}$  é de  $1000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , considerando-se uma massa atmosférica igual a 1 (equivalente a uma elevação solar de  $90^{\circ}$  sobre o horizonte, ao nível do mar). A curva de irradiância por comprimento de onda apresentada por esse aparelho é quase exatamente igual à irradiância solar.

Para a realização do presente trabalho, a potência total foi ajustada para 700 W, com filtro de massa atmosférica  $m=1$ . Nas determinações foram consideradas as seguintes faixas de radiação:

Ultravioleta C: centro de faixa em 250 nm

Ultravioleta B: centro de faixa em 310 nm

Ultravioleta A: centro de faixa em 360 nm

Considerando as faixas acima, foram feitas determinações com o sensor colocado sob a amostra e junto à superfície interna da pele, tanto nas áreas depiladas como naquelas com pelame normal, para a determinação da energia transmitida. No caso de animais da raça Holandesa, as determinações eram feitas separadamente nas áreas de malhas negras e malhas brancas, em um mesmo indivíduo.

Cada uma das amostras era ainda avaliada para as características do pelame: espessura da capa (E), comprimento médio dos pêlos (C), densidade numérica dos pêlos (n) e diâmetro dos pêlos (d), usando-se as técnicas descritas por SILVA et al. (1988) e SILVA (2000).

Para estimar a penetração de uma camada de pelame por ftons procedentes de uma determinada fonte de radiação, foi empregado o modelo de DAVIS JR. e BIRKEBAK (1974), o qual considera a trajetória ou percurso livre médio de um fton através da massa de pelame como sendo dada por:

$$L = \frac{\cos \theta_f}{ndF}, \text{ m} \quad \dots[1]$$

em que:

$$F = \left\{ 1 - \left[ \sin \theta \cos \phi \sin \theta_f \frac{\sin \phi_f}{\phi_f} \frac{\pi^2}{\pi^2 - \phi_f^2} + \cos \theta \cos \theta_f \right]^2 \right\}^{1/2}$$

sendo  $\theta$  e  $\phi$  a elevação e a posição azimutal da fonte de radiação, respectivamente, com respeito à superfície da epiderme e  $\theta\phi$ , o ângulo de inclinação dos pêlos, é expresso com relação à normal para a superfície da epiderme e determinado pela relação:

$$\theta_f = \arccos\left(\frac{E}{C}\right), \text{ graus} \quad \dots[2]$$

em que E é a espessura da capa de pelame e C o comprimento dos pêlos.

No presente trabalho, a fonte de radiação foi colocada em ângulo reto com respeito à superfície da epiderme, de modo que  $\theta = \phi = 0^\circ$ . Por outro lado, o valor de F na equação (1) é pouco sensível à variação do valor  $\phi_f$ , podendo este último ser fixado em  $\phi_f = 10^\circ$ , de acordo com DAVIS JR. e BIRKEBAK (1974). Em consequência, a equação (1) é simplificada, tornando-se:

$$F = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_f} \quad \dots[3]$$

e portanto:

$$L = \frac{\cos \theta_f}{ndF} = \frac{\cos \theta_f}{nd\sqrt{1 - \cos^2 \theta_f}}, \text{ m} \quad \dots[4]$$

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentadas as características estruturais do pelame dos animais utilizados nos testes, sendo que essas características, juntamente com a coloração, determinam a capacidade de transmissão de radiação através do pelame. Deve ser recordado que um maior valor do ângulo  $\theta_f$  indica

pêlos mais assentados sobre a superfície cutânea.

Nas determinações feitas com as amostras de animais Holandeses, observamos que em um dos mesmos (HP2) ocorriam áreas limitadas nas quais a epiderme negra era coberta por pelame branco. Note-se que nos bovinos de origem européia a pigmentação da epiderme acompanha a do pelame, inclusive nas raças malhadas, como a Holandesa. A única exceção parece ser a raça Jersey, na qual a pigmentação do pelame e a da epiderme são relativamente independentes.

A maior ou menor pigmentação cutânea deve-se à quantidade de grânulos de melanina produzidos e inseridos nas células da epiderme, e não ao número de melanócitos. Nas raças humanas negras, por exemplo, o número dessas células é similar ao existente nas raças brancas (cerca de um melanócito para cada 4 a dez células epidérmicas). Tem sido observado (AMAKIRI 1979, HAFEZ et al. 1955, YANG 1952) que as raças bovinas tropicais apresentam epiderme sempre muito mais pigmentada que as de origem européia, mas não há diferenças significativas entre elas quanto ao número de melanócitos por unidade de área epidérmica. Aliás, animais de raças européias com pelame malhado, como a Hereford e a Holandesa, apresentam melanócitos também nas áreas despigmentadas da epiderme (SCHLEGER e BEAN 1973), mas a atividade desses melanócitos está bloqueada por fatores gênicos.

Como no animal observado a pigmentação da epiderme de certas áreas limitadas cobertas de pelame branco apresentava-se com o mesmo nível de intensidade que a das áreas normalmente negras, supomos que os melanócitos naquelas áreas tenham sido ativados de forma plena, tornando negra uma extensão de epiderme que de outra forma permaneceria despigmentada.

Na Tabela 2 acham-se os resultados das determinações feitas, inclusive quanto à epiderme. Pode-se observar que os pelames brancos apresentaram os maiores valores de L (em média  $8,48 \times 10^{-4}$  m, conforme mostra a Tabela 3), ao passo que os negros apresentaram valores menores (média  $4,05 \times 10^{-4}$  m), indicando que os pelames brancos sofrem uma penetração mais profunda pela radiação ultravioleta, como resultado de uma estrutura física mais aberta. No caso, essa diferença consistiu principalmente em um menor número de pêlos por unidade de área, nos pelames brancos.

Os coeficientes de transmissão foram mais altos para os pelames brancos, como era esperado, espe-

Tabela 1 - Características do pelame dos animais utilizados nos testes: espessura da capa (E), comprimento médio dos pêlos (C), diâmetro médio dos pêlos (d), número de pêlos por unidade de área de epiderme (n), ângulo de inclinação dos pêlos com respeito à normal à epiderme ( $\theta_f$ )

Table 1 - Characteristics of the haircoat of the animals used in tests: coat thickness (E), average hair length (C), average hair diameter (d), number of hairs per unit area (n), and angle of hairs to skin surface ( $\theta_f$ )

Animal	E	C	d	n	$\theta_f$
Cor do pelame <i>Coat colour</i>	( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{m}$ )	(pêlos/ $\text{cm}^2$ ) (hairs/ $\text{cm}^2$ )	(graus) (degrees)
NE1 (branco) (white)	4,5	14,0	54,0	1290	71,25
NE2 (branco) (white)	3,5	10,0	54,0	1250	69,51
HP1 (negro) (black)	5,5	18,0	40,5	1200	72,21
HP1 (branco) (white)	5,5	19,5	38,0	850	73,62
HP2 (negro) (black)	2,0	13,0	40,0	1240	81,15
HP2 (branco) (white)	2,0	16,5	38,0	910	83,04
HP3 (branco) (white)	5,4	14,0	36,0	845	67,31
HV (vermelho) (red)	3,0	15,0	39,0	1000	78,46
HP4 (preto) (black)	1,0	8,0	41,0	1270	82,82
ME (branco) (white)	2,5	10,0	38,0	900	75,52

NE= Nelore (Nelore).

HP= Holandês malhado de negro (Black-spotted Holstein).

HV = Holandês malhado de vermelho (Red-spotted Holstein).

ME = Mestiço indefinido, Holandês x Zebu (Holstein x Zebu Crossbred).

cialmente na faixa de 250 nm, que apresenta os efeitos biológicos mais acentuados. Pode ser notado na Tabela 2 que a amostra HP3 apresentou pelame com coeficientes de transmissão bem mais elevados que os das demais amostras, além de um valor de L bastante alto ( $13,74 \times 10^{-4}$  m). O animal em questão era um bezerro, com pelame pouco denso ( $845$  pêlos/ $\text{cm}^2$ ) e pêlos finos. Isso evidencia a importância da densidade numérica e do diâmetro dos pêlos para a determinação da capacidade de penetração da radiação no seu interior. Em adição, deve ser notado que a transmissão através do pelame de animais Nelore, que é branco mesclado, é bem menor que no pelame branco dos animais Holandeses. Isso pode ser explicado pelo maior diâmetro e maior número dos pêlos por área, resultando em um valor médio de L menor para os animais Nelore ( $5,2 \times 10^{-4}$  m) que para os Holandeses adultos ( $6,73 \times 10^{-4}$  m nas malhas brancas), embora o ângulo de inclinação dos pêlos não tenha sido muito alto nos Nelore e a diferença de coloração não tenha sido muito grande.

No que se refere a pelames vermelhos, só foi

observado um único animal da raça Holandesa, de coloração vermelha relativamente escura. Pode ser verificado nas Tabelas 2 a 4 que a transmissão de radiação foi elevada no mesmo, a esse respeito perdendo apenas para os animais de cor branca. Deve ser ainda destacado o respectivo valor de L, que foi o segundo mais alto ( $5,23 \times 10^{-4}$  m).

Na Tabela 4 podem ser observadas as diferenças de permeabilidade da epiderme à radiação UV, de acordo com a pigmentação: epidermes despigmentadas apresentam coeficientes de transmissão consideravelmente mais elevados que epidermes negras. É interessante notar que os valores para epiderme vermelha acha-se bem próximo daqueles de epiderme despigmentada. Isso constitui evidência de que animais vermelhos estão longe de serem mais vantajosos que os negros, em termos de proteção contra a radiação solar, ao contrário do que se acredita geralmente.

Em vista disso, podemos considerar que nas raças bovinas de origem européia, com exceção da Jersey, a cor vermelha é inapropriada para ambientes tropi-

Tabela 2 - Percurso médio de um foton através do pelame (L) e coeficientes de transmissão ( $\tau$ ) da epiderme e do pelame de bovinos para a radiação ultravioleta. Os valores são proporções da energia transmitida, em relação à energia incidente, em cada faixa de ondaTable 2 - Mean free pathlength of a photon through the coat (L) and average coefficients of transmission ( $\tau$ ) of skin and haircoat of cattle to the ultraviolet radiation. Values are the rates of the transmitted energy to the incident energy, in each wavelength

Animal	Camada <i>Layer</i>	Coloração <i>Colour</i>	L x 10 <sup>-4</sup> m	$\tau$		
				250 nm	310 nm	360 nm
NE1	Pelame <i>Haircoat</i>	Branco mesclado* <i>Mixed white*</i>	4,8	0,0007	0,0008	0,0007
	Epiderme <i>Skin</i>	Cinza escuro <i>Dark gray</i>		0,0014	0,0010	0,0008
NE2	Pelame <i>Haircoat</i>	Branco mesclado* <i>Mixed white*</i>	5,5	0,0010	0,0002	0,0001
	Epiderme <i>Skin</i>	Cinza escuro <i>Dark gray</i>		0,0021	0,0003	0,0002
HP1	Pelame <i>Haircoat</i>	Branco <i>White</i>	9,1	0,0010	0,0006	0,0001
		Negro <i>Black</i>	6,6	0,0007	0	0,0006
	Epiderme <i>Skin</i>	Branca rosada <i>Pink white</i>		0,0028	0,0011	0,0002
HP2	Pelame <i>Haircoat</i>	Branco <i>White</i>	3,5	0,0011	0,0005	0,0001
		Negro <i>Black</i>	3,1	0,0010	0,0002	0,0003
	Epiderme <i>Skin</i>	Branca rosada <i>Pink white</i>		0,0035	0,0012	0,0003
HP3	Pelame <i>Haircoat</i>	Branco <i>White</i>	13,7	0,0056	0,0012	0,0009
		Branca rosada <i>Pink white</i>		0,0070	0,0016	0,0014
	Epiderme <i>Skin</i>	Negra <i>Black</i>		0,0011	0,0002	0,0005
HV	Pelame <i>Haircoat</i>	Vermelho <i>Red</i>	5,2	0,0018	0,0007	0,0001
	Epiderme <i>Skin</i>	Vermelha <i>Red</i>		0,0039	0,0009	0,0002
HP4	Pelame <i>Haircoat</i>	Negro <i>Black</i>	2,4	0,0023	0,0001	0,0001
	Epiderme <i>Skin</i>	Negra <i>Black</i>		0,0023	0,0001	0,0004
ME	Pelame <i>Haircoat</i>	Branco <i>White</i>	7,6	0,0011	0,0002	0,0001
	Epiderme <i>Skin</i>	Branca rosada <i>Pink white</i>		0,0028	0,0007	0,0002

\*Pêlos brancos entremeados de outros mais escuros, dando um tom acinzentado característico da raça Nelore.

\* White hairs mixed with darker ones, resulting in the grayish coat characteristic of the Nelore breed.

cais. A Jersey é a única raça européia que apresenta pelame de coloração mais clara (do amarelo esbranquiçado até o marron médio) acompanhada de uma epiderme altamente pigmentada e freqüentemente negra, embora alguns animais a apresentem bastante clara.

Por outro lado, a importância da pigmentação e de outras características da capa de cobertura para as trocas térmicas radiantes nos animais tem sido objeto de grande número de estudos (RIEMERSCHMIDT, 1943 a,b; RIEMERSCHMIDT e ELDER, 1945, STEWART, 1953, CENA e

Tabela 3 - Valores médios do coeficiente de transmissão ( $t$ ) e percurso médio de um fóton ( $L$ ) através de pelames bovinos de diferentes colorações, para três faixas de radiação ultravioleta

Table 3 - Average values of the coefficient of transmission ( $t$ ) and the mean free pathlength of a photon ( $L$ ) through cattle coat, for three wavelengths of ultraviolet radiation

Pigmentação da superfície Coat colour	L (x 10 <sup>-4</sup> m)	$\tau$		
		250 nm	310 nm	360 nm
Negra Black	4,05	0,0013	0,0001	0,0003
Vermelha Red	5,23	0,0017	0,0007	0,0001
Branca mesclada* Mixed White*	5,20	0,0009	0,0003	0,0003
Branca White	8,48	0,0022	0,0003	0,0003

\* Animais Nelore.

\* Nelore cattle.

MONTEITH 1975; COWLES, 1967; DAWSON e BROWN, 1970; FINCH et al., 1984; HAMILTON 1973; HAMILTON e HEPNER, 1967; HUTCHINSON e BROWN 1969; KOVARIK 1973; McARTHUR 1987; SILVA et al. 1988; HANSEN e LANDER 1988, WALSBERG et al. 1978; GOODWIN et al. 1995, 1997; GEBREMEDHIN et al. 1997). É usualmente aceito que animais com superfície externa pigmentada e escura são mais sujeitos ao estresse de calor que os de coloração clara, apresentando maior absorvidade para a radiação solar de diversos comprimentos de onda e portanto armazenando maior quantidade de energia térmica, o que resulta em maior estresse para os animais do que uma capa de coloração clara. Esta última apresentaria maior refletividade, o que tem levado a maioria dos pesquisadores a aceitar a vantagem adaptativa dos pelames claros nos ambientes tropicais.

Entretanto, os resultados obtidos mostram que a radiação de ondas curtas é transmitida no interior da capa e que essa transmissão é mais acentuada nas capas de coloração clara que nas escuras, em concordância com KOVARIK (1964, 1973), HUTCHINSON e BROWN (1969), CENA e MONTEITH (1975), WALSBERG et al. (1978) e GEBREMEDHIN et al. (1983). Assim, a despeito da maior absorvidade para a radiação térmica, epidermes de coloração escura oferecem uma proteção bastante eficaz contra a radiação UV, em relação às epidermes claras ou despigmentadas (Tabela 4), particularmente nas faixas de 250 e 310 nm.

Tabela 4 - Valores médios do coeficiente de transmissão de radiação ultravioleta na epiderme de bovinos  
Table 4 - Average values of the coefficient of transmission of ultraviolet radiation in cattle skin

Pigmentação da Superfície Skin pigmentation	Faixa de onda (nm) Wavelength (nm)		
	250	310	360
Negra Black	0,0014	0,0001	0,0005
Cinza escura Dark grey	0,0018	0,0007	0,0005
Vermelha Red	0,0039	0,0009	0,0002
Branca/ rosada White/pink	0,0040	0,0012	0,0005

Considerando a Figura 1, fica clara a superioridade dos indivíduos portadores de epiderme e pelame pigmentados, com relação à penetração pela radiação UV. Entretanto, um pelame negro constitui uma superfície de grande absorvidade da radiação térmica.

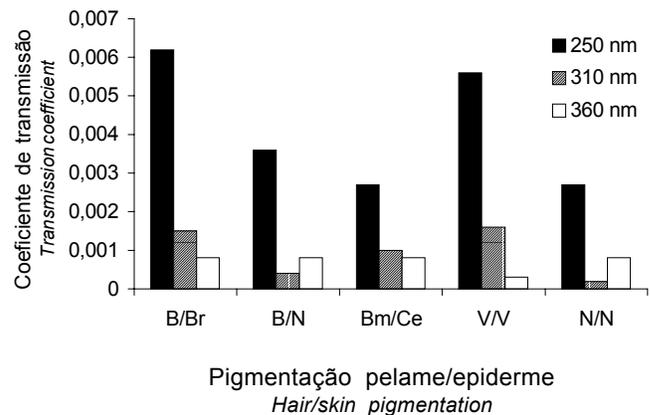


Figura 1 - Coeficientes de transmissão de radiação ultravioleta de três faixas de comprimento de onda, através do conjunto pelame+ epiderme de bovinos, de acordo com a pigmentação - Pelame: branco (B), branco mesclado (Bm), vermelho (V), negro (N); Epiderme: branca rosada (Br), negra (N), cinza escura (Ce), vermelha (V).

Figure 1 - Transmission coefficients of the ultraviolet radiation through the hair and skin layers of cattle, according to the wavelength - Haircoat: white (B), mixed white (Bm), red (V), black (N); Skin: pink white (Br), black (N), dark grey (Ce), red (V).

ca, de modo que a temperatura da superfície cutânea nestes animais é mais elevada que naqueles com pelame branco.

Para se comprovar este fato, foram feitas observações em 20 vacas Holandesas expostas à radiação solar por 3 horas (11-14 h) em 10 dias no verão, durante a realização do presente trabalho, com os seguintes resultados (obtidos com um radiômetro Horiba IT-330 ajustado para emissividade  $\varepsilon = 0,98$ ):

Temperatura nas malhas negras:  $44,10 \pm 0,34^\circ\text{C}$

Temperatura nas malhas brancas:  $37,73 \pm 0,23^\circ\text{C}$

Temperatura retal:  $39,50 \pm 0,05^\circ\text{C}$

É evidente que, embora um animal totalmente negro possa apresentar uma proteção mais adequada contra a radiação UV do que um animal branco, ele absorve no entanto um excesso de energia térmica na capa de pelame, o que limita a sua capacidade de eliminar o calor corporal e contribui para o estresse térmico. Por outro lado, vacas predominantemente brancas apresentam uma grande área de epiderme despigmentada e, portanto, têm reduzida proteção contra a radiação UV. Isso não constituirá um problema se os animais forem mantidos em estabulação, mas em condições de campo pode tornar-se um sério handicap. O ideal é a posse de pelame branco com baixos valores de L, sobre uma epiderme altamente pigmentada, como tem sido observado por diversos autores (CENA e MONTEITH 1975, HUTCHINSON e BROWN 1969, entre outros).

Esses resultados concordam de um modo geral com o esperado através da literatura, embora não existam valores publicados de L. Também não foram encontradas referências na literatura a respeito da permeabilidade isolada da epiderme à radiação UV, de acordo com o grau de pigmentação.

O valor L, que constitui uma forma de índice resumindo as características estruturais do pelame mais importantes para a determinação da transmissão de radiação através do mesmo, poderia ser utilizado para a seleção de animais visando a resistência à radiação solar, em combinação com a coloração dos pêlos. Deve ser destacado, no entanto, que um baixo valor de L pode estar eventualmente associado a uma maior espessura da capa de pelame, o que é evidentemente um problema em ambientes quentes. Assim, o valor de L deve ser baixo, mas considerando uma espessura de capa tão pequena quanto possível. Como vemos na Tabela 1,

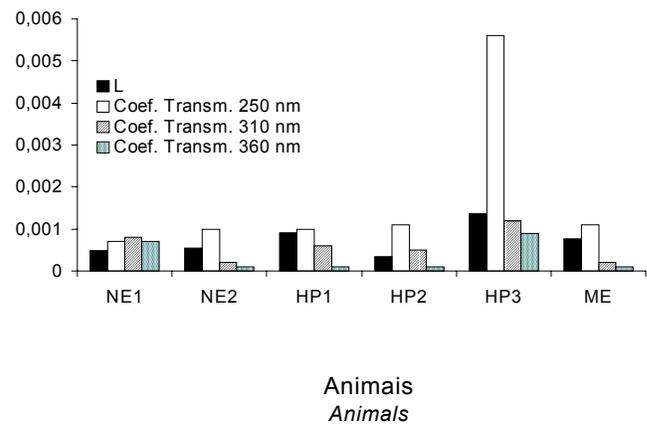


Figura 2 - Relação entre o coeficiente de transmissão de radiação ultravioleta e o comprimento médio da trajetória livre de um fóton (L) em pelame de bovinos de cor branca. O valor de L é expresso em metros.

Figure 2 - Relation between the transmission coefficient of ultraviolet radiation and the photon mean path length (L) in the white haircoat of cattle. L value is given in meters.

valores de L tão baixos como  $3,1 \times 10^{-4}$  m podem estar associados a um pelame de pequena espessura (2 mm), mesmo em animais da raça Holandesa.

A Figura 2 ilustra a associação positiva entre o valor de L e o coeficiente de transmissão de radiação UV. Nos animais Nelore (NE1 e NE2) tanto L como os coeficientes de transmissão foram baixos, devido provavelmente à maior densidade numérica do pelame e ao maior diâmetro dos pêlos., além do maior assentamento destes últimos sobre a superfície da epiderme. Por outro lado, o animal HP2, da raça Holandesa, apresentou coeficiente de transmissão na faixa de 250 nm similar ao de HP1, mas também um valor de L muito mais baixo; a causa dessa diferença reside no fato de que no animal HP2 a inclinação dos pêlos sobre a superfície da epiderme foi muito maior, sendo também maior a densidade numérica dos pêlos.

Finalmente, a observação no presente trabalho, de um animal da raça Holandesa com áreas de pelame branco sobre epiderme negra, traz perspectivas de novas abordagens para a seleção do gado leiteiro para regiões tropicais.

## Conclusões

Tanto a epiderme como o pelame de bovinos são permeáveis à radiação ultravioleta de origem solar (UV), principalmente nas ondas mais curtas (<300 nm).

Pelames brancos apresentam maior coeficiente de transmissão de radiação UV que pelames mais escuros, sendo os de coloração negra os menos permeáveis.

Epidermes de cor negra apresentam coeficiente de transmissão muito baixo para a radiação UV; as de coloração vermelha são bastante permeáveis, quase tanto quanto as despigmentadas.

O grau de permeabilidade do pelame à radiação UV depende tanto da sua coloração como da sua estrutura, definida pelas características: espessura da capa, comprimento dos pêlos, diâmetro dos pêlos, número de pêlos por unidade de área e ângulo de inclinação dos pêlos sobre a superfície da epiderme.

As características estruturais do pelame podem ser resumidas por um índice L, o qual poderia ser usado para a seleção de animais visando resistência à radiação solar, em combinação com a coloração do pelame. Baixos valores de L são os mais desejáveis, mas sempre considerando uma espessura de capa tão fina quanto possível, em ambientes quentes.

Em um ambiente caracterizado por altos níveis de radiação ultravioleta, a combinação mais adequada para bovinos é um pelame de cor branca, sobre uma epiderme de cor negra. Na impossibilidade desta combinação, um pelame de cor negra é a alternativa mais desejável. Em qualquer situação, é indispensável um valor mínimo de L, sendo a espessura da capa de pelame não maior que 4 a 5 mm.

## Agradecimento

Ao Departamento de Patologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, pelo fornecimento das amostras de epiderme utilizadas no presente trabalho.

## Referências Bibliográficas

- AMAKIRI, S.F. 1979. Melanin and DOPA-positive cells in the skin of tropical cattle. *Acta Anatomica*, 103:434-444.
- ANDERSON, D.E. 1963. Genetic aspects of cancer with special reference to cancer of the eye in the bovine. *Ann. New York Acad. Sci.* 108:948-957.
- ANDERSON, D.E., CHAMBERS, D., LUSH, J.L. 1957. Studies

- on bovine ocular squamous carcinoma ("cancer eye"). Inheritance of eyelid pigmentation. *J. Anim. Sci.*, 16:1007-1011.
- BHUME, R.L., BHOKRE, A.P., PANCHBHAI, V.S. 1992. Observations on ocular squamous cell carcinoma in cattle. *Indian Vet. J.* 69:361-362.
- CENA, K., MONTEITH, J.L. 1975. Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer. *Proc. Royal Soc. London*, B 188:377-393.
- COWLES, R.B. 1967. Black pigmentation: adaptation for concealment or heat conservation? *Science*, 158:1340-1341.
- DAVIS JR., L.B., BIRKEBAK, R.C. 1974. On the transfer of energy in layers of fur. *Biophys. J.* 14:249-268.
- DAWSON, T.J., BROWN, G.D. 1970. A comparison of the insulative and reflective properties of the fur of desert kangaroos. *Comp. Biochem. Physiol.*, 37:23-38.
- FINCH, V.A., BENNETT, I.L., HOLMES, C.R. 1984. Coat colour in cattle: effect on thermal balance, behaviour and growth, and relationship with coat type. *J. Agric. Sci.*, 102:141-147.
- FRENCH, G.T. 1959. A clinical and genetic study of eye cancer in Hereford cattle. *Aust. Vet. J.*, 35:474-480.
- GARDINER, M.R., ANDERSON, J.L., ROBERTSON, D.E. 1972. Cancer eye of cattle. *J. Agric. Western Australia*, 13:53-59.
- GEBREMEDHIN, K.G., PORTER, W.P., CRAMER, C.O. 1983. Quantitative analysis of the heat exchange through the fur layer of Holstein calves. *Transactions of the ASAE*, 26:188-193.
- GEBREMEDHIN, K.G., NI, H., HILLMAN, P.E. Temperature profile and heat flux through irradiated fur layer. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5, 1997, Bloomington, MN. *Proceedings...* Bloomington, 1997. v.1, p.226-233.
- GOODWIN, P., GAUGHAN, J., SKELE, P. et al. Coat color and alleviation of heat load in Holstein-Friesian cows. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5, 1997, Bloomington, MN. *Proceedings...* Bloomington, 1997. v.2, p.923-927.
- GOODWIN, P., JOSEY, M.J., COWAN, J.M. 1995. Coat color and its effect on production in Holstein-Friesian in South-West Queensland. In: AUSTRALIAN ASSOCIATION OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS CONFERENCE, 11, 1995. *Proceedings...* p.295-298.
- HAFEZ, E.S.E., BADRELDIN, A.L., SHAFEI, M.M. 1955. The hair coat in bovine. *Emp. J. Exp. Agric.*, 23:34-39.
- HAMILTON, W.J. 1973. *Life's color code*. New York: McGraw-Hill.
- HAMILTON, W.J., HEPNER, F. 1967. Radiant solar energy and the function of black homeotherm pigmentation: an hypothesis. *Science*, 155:196-197.
- HANSEN, P.J., LANDER, M.F. 1988. Coat color and heat stress in cattle. In: INTERN. CONFERENCE ON LIVESTOCK IN THE TROPICS, Univ. of Florida, Gainesville, 1988. [mimeo].
- HUTCHINSON, J.C.D., BROWN, G.D. 1969. Penetrance of cattle coats by radiation. *J. Applied Physiol.*, 26:454-464.
- KOVARIK, M. 1964. Flow of heat in an irradiated protective cover. *Nature*, 201:1087.
- KOVARIK, M. 1973. Radiation penetrance of protective covers. *J. Applied Physiol.*, 35:562-563.
- McARTHUR, A.J. 1987. Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *J. Theoret. Biol.*, 126:203-238.
- McKENZIE, R.L., MATTHEWS, W.E., JOHNSTON, P.V.

1991. The relationship between erythema UV and ozone, derived from spectral irradiance measurements. *Geophys. Res. Lett.*, 18:2269-2272.
- NISHIMURA, H., FRISCH, J.E. 1977. Eye cancer and circumocular pigmentation in *Bos taurus*, *Bos indicus* and crossbred cattle. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 17:709-711.
- RIEMERSCHMIDT, G. 1943a. The amount of solar radiation and its absorption on the hair coat of cattle under South African and European conditions. *J. South African J. Vet. Med. Assoc.*, 14:121- 141.
- RIEMERSCHMIDT, G. 1943b. Some aspects of solar radiation in its relation to cattle in South Africa and Europe. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind.*, 18:327-353.
- RIEMERSCHMIDT, G., ELDER, J.S. 1945. The absorptivity for solar radiation of different coloured hairy coats of cattle. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind.*, 20:223-234.
- SCHLEGER, A.V., BEAN, K.G. 1973. The melanocyte system of cattle skin. II. Melanotic melanocytes of epidermis and dermis. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26:985-997.
- SILVA, R.G. 2000. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Ed. Nobel. 286p.
- SILVA, R.G., ARANTES NETO, J.G., HOLTZ FILHO, S.V. 1988. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. *Brazil. J. Genet.*, 11:335-347.
- STEWART, R.E. 1953. Absorption of solar radiation by the hair of cattle. *Agric. Engineering*, 34:235-238.
- URBACH, F. 1997. Ultraviolet radiation and skin cancer of humans. *J. Photochem. Photobiol.*, B 40:3-7.
- YANG, S.H. 1952. A method of assessing cutaneous pigmentation in bovine skin. *Aust. J. Agric. Res.* 6:891-902.
- WALSBERG, G.E., CAMPBELL, G.S., KING, J.R. 1978. Animal coat color and relative heat gains: a re-evaluation. *J. Comp. Physiol.*, 126:211-222.

**Recebido em:** 12/04/01

**Aceito em:** 05/07/01