



INTRODUÇÃO À AMBIÊNCIA

Rodrigo Couto Santos

DOURADOS - MS

2022

SUMÁRIO

TERMOS TÉCNICOS.....	3
1. INTRODUÇÃO	4
1.1. O Bem Estar Humano	6
1.2. O Estresse Humano.....	6
1.3. O Comportamento Humano em Ambientes Adversos.....	7
1.4. Dissipação de calor corporal	8
1.5. Características térmicas dos corpos	10
1.6. Características de um ambiente térmico.....	12
Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).....	13
Índice de Temperatura e Umidade (ITU).....	15
Entalpia (H).....	15
Carga Térmica de Radiação (CTR)	16
Índice de Desconforto Humano (IDH).....	17
Voto Médio Estimado (PMV).....	17
Temperatura Equivalente Fisiológica (PET).....	18
Índice de Desconforto Térmico (IDT).....	19
Índice de Bem Estar Humano (IBEH)	19
2. INSTRUMENTAÇÃO EM AMBIÊNCIA	20
3. ACONDICIONAMENTO TÉRMICO DAS INSTALAÇÕES	24
3.1. Principais Tipos de instalações para produção animal.....	34
Construções Convencionais	35
Construções com Sistema Adiabático Evaporativo	35
Construções Dark House.....	36
Construções Isotérmicas	36
Super confinamento (mega-aviários).....	37
4. NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL	39
4.1. Sistemas de Suporte a Decisão	40
4.1.1. Aplicações da Lógica <i>Fuzzy</i>	40
5. PERSPECTIVAS FUTURAS	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

TERMOS TÉCNICOS

Bem-estar: é o estado em conforto que o animal se sente em relação ao meio ambiente que o rodeia, seja este ambiente natural ou artificial. Assim, pode-se dizer que o bem-estar é a sensação de conforto completo, sem fome e sede, sem dor, ferimento, doença, medo, ansiedade, raiva, etc. sem emoções desconfortáveis.

Cinco Liberdades: compõem um instrumento reconhecido para diagnóstico do bem-estar animal. O animal deve estar Livre de fome e sede; Livre de desconforto; Livre de dor, lesões e doenças; Livre para expressar seu comportamento natural; e Livre de medo e estresse. São avaliadas pelos aspectos Público, Técnico e Legal.

Conforto Térmico: é o estado em que o animal se encontra em temperatura ideal, ou seja, o estado em que o animal não esteja dissipando calor nem absorvendo calor, não estando assim, gastando energia.

Comportamento: “Ato único ou uma série de atividades conjuntas, que representam uma resposta do animal a algum estímulo ambiental.”

Estresse: é uma síndrome que afeta animais, principalmente, os confinados em cativeiros, isolados ou em grupos, e devido sua complexidade é difícil reconhecer as respostas específicas dos agentes estressores.

1. INTRODUÇÃO

O que é ambiência? Para que serve e qual a sua importância? Como utilizar ambiência a favor das ciências agrárias? Qual a tendência de futuro da ambiência rural?

Este material tem como objetivo conceituar e familiarizar os estudos sobre a Ambiência para iniciantes no estudo desta área de conhecimento. As respostas para as perguntas iniciais serão abordadas ao longo do texto.

De forma geral, a Ambiência é uma ciência que tem como foco o estudo da inter-relação animal/ambiente onde se encontra inserido, identificando as condições de máximo conforto, permitindo aos animais expressar o seu melhor potencial genético produtivo. Assim, por meio da Ambiência se analisa as condições de temperatura, umidade relativa do ar, ventilação, luminosidade, exposição a gases, poeiras, níveis de ruídos, etc. do ambiente em que o animal encontra-se inserido.

Animal e Ambiente: a interrelação animal e ambiente, corresponde a busca do equilíbrio térmico pelo animal, pois se entende que o animal é um sistema termodinâmico que, geralmente, encontra-se em desequilíbrio com o ambiente, necessitando a troca de energia com este. Em condições normais, animais homeotérmicos possuem a temperatura de seu núcleo corporal constante (Tabela 1), enquanto que os pecilotérmicos variam suas temperaturas se adaptando à temperatura do meio em que se encontram.

Tabela 1. Temperaturas do núcleo corporal de alguns animais

HOMEM: 37°C	SUÍNOS: 39°C
EQUINOS: 38°C	OVINOS: 39°C
BOVINOS: 38,5°C	CAPRINOS: 40°C
CÃES E GATOS: 38,6°C	GALINHAS: 41,7°C

Dessa forma, segundo Figura 1, todo animal possui uma faixa de conforto térmico, conhecida como *Zona de Termoneutralidade* ou *Zona de Conforto*

Térmico (ZCT) (BB') ainda neste intervalo existe um limite conhecido como máximo conforto térmico (AA'). Nessa faixa BB', não há esforço dos mecanismos termorreguladores; logo, o animal não sente frio ou calor, este está em total conforto. As demais sensações e reações são definidas pelos intervalos BC, B'C' , CD, C'D' abaixo de D e acima de D' .

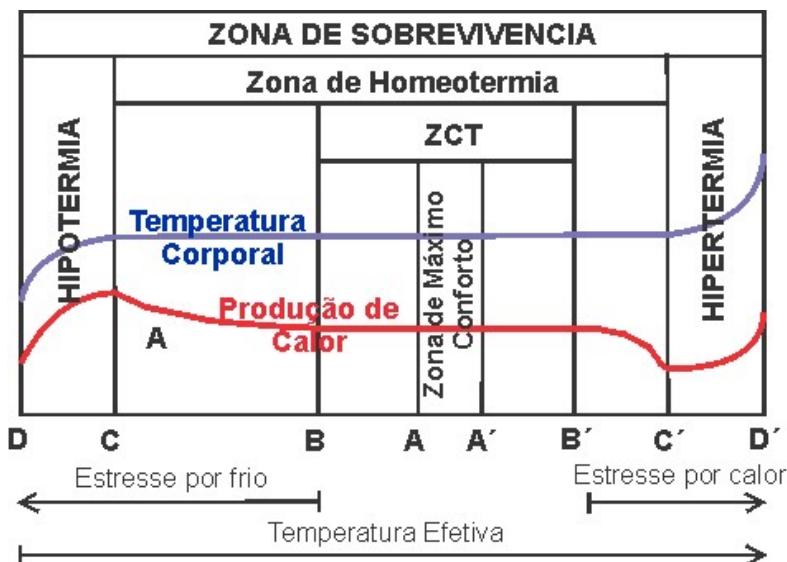


Figura 1. Zona de sobrevivência animal

Segundo a Tabela 2 cada animal possui diferentes limites inferiores e superiores da zona de conforto térmico (ZCT), bem como temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS), sendo que fora das temperaturas críticas ocorrem hipotermia e hipertermia.

Tabela 2. Zonas de conforto térmico animal

ANIMAL	TCI (°C)	ZCT (°C)	TCS (°C)
BOVINO JOVEM	10	18 a 21	26
BOVINO EUROPEU	-10	-1 a 16	27
BOVINO INDIANO	0	10 a 27	35
GALINHA JOVEM	34	35	39
GALINHA	15	18 a 28	32
SUÍNO 0 a 2 DIAS	20	32 a 35	38
SUÍNO 35 a 50 DIAS	8	18 a 21	30
SUÍNO LACTAÇÃO	4	12 a 15	27

1.1. O Bem Estar Humano

Desde o reconhecimento internacional da necessidade de proteção ao meio ambiente, há interesse sobre a preservação das florestas, por influenciarem no clima e oferecerem recursos para o bem-estar humano, como alimentos, água potável, lenha, fibras e recursos genéticos (DE LUCENA *et al.*, 2019).

Existe uma forte correlação entre as mudanças na sociedade e a utilização das florestas, sendo que seu uso passou de uma mera fonte extrativista de recursos nas sociedades pré-agrárias, a espaços para agricultura, provedoras das matérias-primas necessárias à industrialização, paisagens interativas com ambientes confortáveis e sustentáveis e, locais fornecedores de elementos ecossistêmicos (EIKERMANN, 2015).

As florestas abrigam plantas e micro-organismos, influenciam no ciclo da água, no microclima e possuem papel fundamental no ciclo do carbono. Como combatem a erosão mantendo o equilíbrio terrestre, são, sobretudo, ferramentas indicadas para mitigação do efeito estufa, contribuindo com a diminuição das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) e ainda preservam significativamente a biodiversidade (PEREIRA, 2016).

O conforto térmico de uma pessoa num determinado ambiente é definido como resultado de uma combinação satisfatória nesse ambiente, da temperatura radiante média, humidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar, com a atividade desenvolvida (metabolismo) e o isolamento térmico da vestimenta em níveis qualificados como confortáveis (DISCOLI *et al.*, 2014).

A composição do termo “Bem Estar Urbano” é conceituado, de acordo com os estudos realizados por Kladivo e Halás (2012), como a união do conforto ambiental nas edificações, da atratividade e conforto proporcionado pelo meio ambiente e do acesso adequado aos serviços fundamentais propostos no local avaliado. Assim, o bem-estar reflete na qualidade de vida e deve ser considerada importante para determinar a ocupação sustentável de uma área.

1.2. O Estresse Humano

O corpo humano é um sistema termodinâmico, que produz calor e interage

continuamente com o ambiente para conseguir o balanço térmico, indispensável para a vida. Num ambiente quente, o organismo deve acionar os diferentes dispositivos termorregulatórios de que dispõe contra o calor (PUHL; MARCHI, 2019).

De acordo com Talaia (2020), para tentar reequilibrar o balanço térmico regido pelas leis da física e influenciado por mecanismos de adaptação, o organismo reage essencialmente através de sobrecargas fisiológicas (termostática, circulatória e sudação).

Grandjean (1998) mostrou que o calor em excesso provoca cansaço e sonolência, reduz a perspicácia e aumenta a tendência de falhas. Já o estresse por frio diminui a circulação do sangue na superfície da pele, decresce a performance muscular, aumenta a fadiga, influenciando inclusive no desempenho cognitivo, favorecendo situações de distração e, consequentemente, a diminuição da atenção e ocorrência de acidentes (DE OLIVEIRA, 2018).

1.3. O Comportamento Humano em Ambientes Adversos

Segundo Rheingantz e De Alcantara (2007), a influência do ambiente construído no comportamento das pessoas é fundamental para a compreensão das inter-relações entre o homem e o ambiente. As reações ao microclima podem ser involuntárias e elas muitas vezes determinam o uso dos espaços em diferentes condições climáticas.

As interações de usuário a ambientes adversos, que proporcionam estímulos e influenciam as capacidades sensoriais e cognitivas do observador, são dependentes da existência e intensidade de fontes de calor, luz, cores, texturas e sons do ambiente, sentidos pelo observador, e que produzem reações e comportamentos não dissociados de seu contexto histórico, cultural, social e adaptação a situações ambientais (LENZHOLZER *et al.*, 2018).

Segundo FERREIRA *et al.* (2019), um comportamento adaptativo é pessoal e intransferível, resultado da interação contínua do ser com o ambiente, em uma dinâmica interativa, temporal e altamente estruturada em fatores motivacionais. Para Faria e Rheingantz (2004), o elemento da arquitetura que mais influencia o comportamento e bem-estar humano é o conforto ambiental, nos seus aspectos

térmico, acústico, visual e funcional.

1.4. Dissipação de calor corporal

Todo processo de vida envolve perda e ganho de energia (calor).

Existem duas formas que podem ocorrer a troca de calor entre dois elementos (ou corpos): por calor sensível ou calor latente. O calor sensível existe gradiente de temperatura, que pode ser detectado por termômetro. Já o calor latente existe o fluxo de calor causado pela variação da pressão do vapor d'água.

DICA: Calor sensível – verificado com termômetro; Calor latente – verificado visualmente.

O calor sensível pode ocorrer por:

• **Condução:** relacionada com a condutividade térmica. Exige contato entre moléculas ou superfícies com temperaturas diferentes. Dessa forma, a condução envolve núcleo corporal, pele, cobertura, pelos ou penas, e camada limite (camada delgada de ar) (Figura 2). Tem a menor contribuição na perda de calor. Ou seja, a condução é a capacidade de um elemento conduzir calor através dele, por exemplo, a água é um condutor de calor de alta capacidade, já o ar possui baixa condutibilidade.

• **Convecção:** neste processo, o ar aquecido pelo contato com o corpo fica menos denso, ocasionando correntes próximas da superfície (Figura 2). Pode ser livre (remoção de calor sem auxílio de força externa – vento $<0,2\text{m/s}$) ou forçada (com auxílio de força externa (vento $>0,2\text{m/s}$), equipamentos ventiladores e etc.).

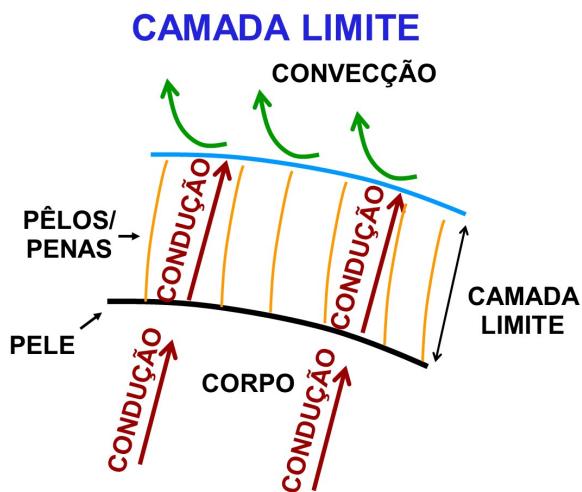


Figura 2. Condução e convecção na camada limite da pele

• **Radiação:** todo o espaço é preenchido por ondas eletromagnéticas. Assim, todo corpo absorve e perde energia radiante (térmica). Lei de Kirchhoff: todo corpo possui: refletividade, absorтивidade (relacionada a condutividade) e transmissividade (relacionada a emissividade), conforme Figura 3.

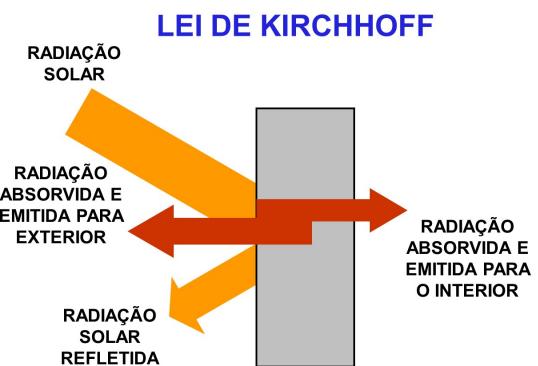


Figura 3: Representação da radiação (Lei Kirchhoff)

Com relação ao calor latente, neste há mudança de estado: evaporação (líquido para vapor, por exemplo, o suor) e condensação (vapor para líquido, podendo-se citar o orvalho como exemplo).

BAÊTA E SOUZA (2010) afirmam que quando o animal está submetido a um ambiente com temperatura mais baixa que a temperatura do seu corpo, este animal tende a dissipação de calor (transferência de calor), para que ocorra o

equilíbrio entre a temperatura do ambiente e a do animal. Dessa forma, pode-se inferir que quando o animal está submetido a um ambiente com temperatura mais alta que a do seu corpo, este tende a absorver calor do ambiente.

Os autores explicam que, se o processo de dissipação de calor do animal para o ambiente continuasse, este animal morreria; assim, o animal homeotermo aumenta sua produção de calor, através do metabolismo, reduzindo as perdas para o ambiente e mantendo a temperatura interna.

Dessa forma, o animal consegue produzir calor pela atividade metabólica, que é o conjunto de fenômenos físicos-químicos que ocorrem no organismo para assimilação ou não das substâncias necessárias à vida (BAÊTA & SOUZA, 2010).

1.5. Características térmicas dos corpos

Considerando que o Sol emite para o espaço uma grande quantidade de energia radiante proveniente das reações que ocorrem em sua própria superfície, a Terra recebe sua energia na forma de radiação solar, como visto a seguir.

A partir da Figura 4, pode-se notar que a radiação solar ocorre de forma direta do Sol ou de forma refletida quando a radiação reflete do solo ou outro corpo e ainda de forma difusa. Além disso, os corpos que absorvem essa radiação passam a ser emissores da mesma, em quantidades diferentes, que dependem de suas capacidades de emitir a radiação absorvida.

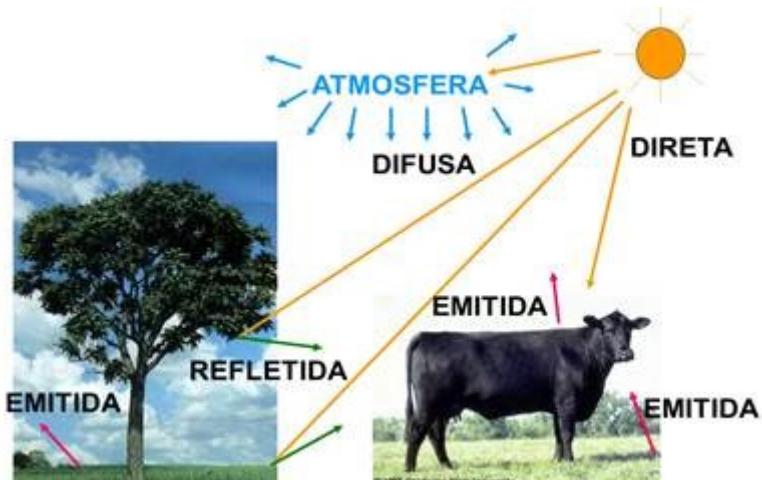


Figura 4. Formas de radiação solar

A Radiação que chega a Terra vem na forma de ondas curtas e após ser absorvia pelos corpos, os mesmos passam a ser emissores, que o fazem na forma de ondas longas (Figura 5).

Associando-se as leis de Wien e de Stefan-Boltzmann entende-se as diferenças entre as radiações emitidas pelo Sol e pela superfície terrestre. O Sol emite ondas curtas com maior emissão em torno de 500nm e a Terra emite ondas longas com maior emissão em torno de 10000nm.

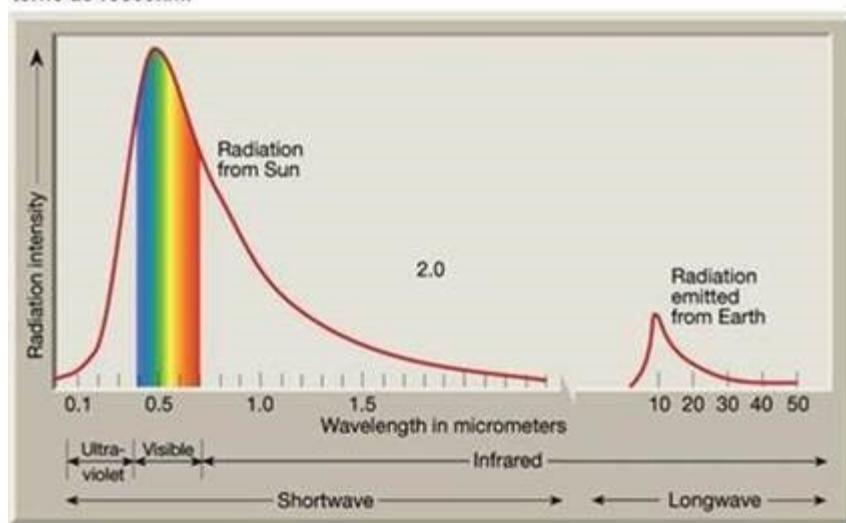


Figura 5. Espectro de Radiação de ondas longas e curtas

O vidro em uma estufa permite a entrada de radiação de onda curta, que é absorvida pelos objetos no interior. Estes objetos reirradiam, mas em ondas longas, para as quais o vidro é quase opaco. O calor, portanto, é retido na estufa. A retenção da radiação infravermelha pelo vidro, contudo, é apenas parte da razão pela qual uma estufa retém calor interno.

As nuvens são boas absorvedoras de radiação terrestre e tem papel importante em manter a superfície da Terra aquecida, especialmente à noite. Uma camada de nuvens pode absorver a maior parte da radiação terrestre e reirradiá-la de volta. Isto explica porque em noites sem nuvens a superfície se resfria mais que em noites com nuvens. Mesmo uma cobertura fina, através da qual a lua é visível, a temperatura noturna pode ser elevada em torno de 5 °C. A Figura 6 ilustra o processo de absorção e irradiação de ondas longas dos corpos.

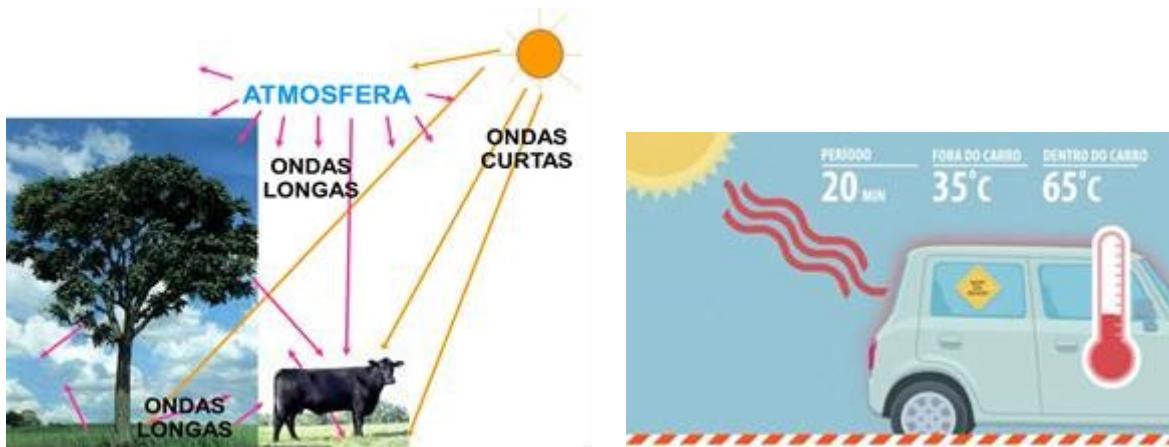


Figura 6. Irradiação de ondas longas e curtas

1.6. Características de um ambiente térmico

O que são variáveis climáticas?

Variáveis climáticas são a temperatura, umidade, vento, radiação solar, entre outras.

O que são índices de ambiente térmico?

Pode-se dizer que os índices de ambiente térmico são as quantificações das reações animais expostos a um determinado ambiente mensurando e combinando variáveis climáticas.

Para que servem os índices?

Se medem as reações dos animais, servem para verificar o grau de exposição ao estresse térmico que um animal está submetido, expressando assim, o nível de conforto ou desconforto térmico a que está submetido.

Como esses índices são obtidos?

Os índices podem ser obtidos por meio de testes realizados em ambientes controlados, como: submeter o animal a um ambiente controlado, alterar as variáveis climáticas temperaturas de bubo seco (Tbs), temperaturas de bubo úmido (Tbu), temperatura de globo negro (Tgn) e velocidade do vento (Var) e registrar as reações do animal, verificando seu intervalo de conforto e/ou níveis de estresse (Figura 7).



Figura 7. Câmaras climáticas para controle ambiental

Após fazer essa combinação de variáveis climáticas e seu registro, as mesmas são tabuladas e equacionadas, dando origem aos índices. Os principais índices são:

Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)

Envolve Tbs, UR, Tgn e Var. Adimensional. Como exemplo, TEIXEIRA (1983) afirma que o conforto térmico para as aves de corte deve chegar em valores de ITGU entre 65 e 77. Segundo BUFFINGTON et al. (1982), o ITGU pode ser calculado empregando-se a expressão:

$$ITGU = Tgn + 0,36.Tpo - 330,08$$

em que,

ITGU é adimensional;

Tgn = temperatura de globo negro, K;

Tpo = temperatura de ponto de orvalho, K.

Conforme citação feita por CAMPOS (1986), a temperatura do ponto de orvalho (Tpo), pode ser obtida através da equação de Clausius-Clapeyron, abaixo:

$$Tpo = \frac{1}{(0,0037 - \ln(\frac{e}{611}) \cdot 0,000185)}$$

em que,

e = pressão de vapor d'água, Pa, calculada pela expressão:

$$e = e_{su} - A.P.(Tbs - Tbu)$$

onde,

e_{su} = pressão de saturação do vapor d'água na temperatura do bulbo úmido, Pa;

A = constante psicrométrica = $0,00067 \cdot K^{-1}$;

P = pressão atmosférica, Pa;

Tbs = Temperatura de bulbo seco, K;

Tbu = temperatura de bulbo úmido, K.

A pressão de saturação do vapor d'água na temperatura do bulbo úmido pode ser obtida substituindo-se Tbs por Tbu na equação para o cálculo da pressão de vapor de saturação, abaixo:

$$e_{su} = 611 \cdot \exp(5420 \cdot (0,0037 - \frac{1}{Tbs}))$$

em que,

e_{su} = pressão de vapor de saturação, Pa;

Tbs = Temperatura de bulbo seco, K.

De uma forma mais geral, segundo MEDEIROS & VIEIRA (1997), $ITGU < 72$ o ambiente é propício para qualquer criação de animais europeus; entre 72 a 76 os animais elevam a frequência respiratória (FR) sem afetar basicamente a homeostase; entre 76 a 82: ao animais elevam a FR, sua temperatura corpórea (tc) e há necessidade de manejo diário, alimentar e reprodutivo cuidadoso para se obter sucesso; entre 82 a 86 somente com meios artificiais de termólise, haverá produção condizente com o potencial genético; e $ITGU > 86$ é um caso quase

insuportável. Economicamente será difícil obter sucesso com os animais de grande precocidade e produção.

Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Envolve Tbs e UR. Adimensional. Segundo BUFFINGTON et al. (1982), o ITU pode ser calculado empregando-se a expressão:

$$\text{ITU} = 0,8 \text{ Tbs} + \text{UR} \cdot (\text{Tbs} - 14,3) / 100 + 46,3$$

em que,

Tbs = temperatura do bulbo seco, °C.;

UR = Umidade relativa do ar %

Segundo GATES (1995), para frangos de corte, os valores do ITU menores que 74 representam ambiente confortável, entre 74 e 79 situação de alerta para a produção, entre 79 e 84 situação de perigo e maiores que 84 emergência podendo ocasionar perda do plantel.

No caso de suínos, LIMA et al. (2007), afirma que valores de ITU iguais ou menores que 75 caracterizam situação normal, de 75 a 79 alerta, de 79 a 83 perigo e de emergência quando for maior que ou igual a 84, podendo ocorrer perda do plantel.

Para Seres Humanos Nóbrega e Lemos (2011) sugerem ITU segundo Tabela 3.

Tabela 3. Faixas de sensação térmica, ITU.

Faixas	ITU (°C)	Níveis de Conforto
1	$21 < \text{ITU} < 24$	Confortável
2	$24 < \text{ITU} < 26$	Levemente desconfortável
3	$\text{ITU} > 26$	Extremamente desconfortável

Entalpia (H)

Envolve Tbs e UR. Unidade: kcal/kg. A Entalpia (H) utilizada por BARBOSA FILHO (2005) vem sendo calculada conforme adaptação proposta por este autor

pela expressão:

$$H = 6,7 + 0,243 * Tbs + \left\{ \frac{UR}{100} * 10^{\frac{7,5 * Tbs}{237,3 + Tbs}} \right\}$$

em que,

H = entalpia, kcal/kg ar seco;

Tbs = temperatura do bulbo seco, °C.;

UR = Umidade relativa do ar, %

Para converter o resultado da Equação de Entalpia de kcal/kg ar seco para kJ/kg ar seco basta multiplicar o resultado por 4,18. Segundo BARBOSA FILHO (2008), para frangos de corte em sua 6^a semana, os valores de Entalpia (H), em kJ/kg ar seco entre 54,7 e 62,9 representam ambiente confortável, entre 63,0 e 68,6 situação de alerta, entre 68,7 e 75,8 situações críticas para a produção, e entre 75,9 e 90,8 situação letal podendo ocasionar perda na produção.

Carga Térmica de Radiação (CTR)

Envolve Tbs, Tgn e Var. Unidade: W.m⁻². De acordo com ESMAY (1969) a Carga Térmica de Radiação (CTR) é uma outra forma de se indicar o conforto térmico em uma instalação, a qual, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro de todos os espaços ou partes da vizinhança, em W.m⁻². ROSA (1984) indica uma CTR de até 515,4 W m⁻² para galpões com telhas de cimento amianto, e até 498,3 W m⁻² para galpões com telhas de barro (francesa). Pode ser determinada pela equação de Stefan-Boltzmann à seguir:

$$CTR = \sigma.(TRM)^4$$

em que,

CTR = carga térmica de radiação, W.m⁻²;

σ = constante de Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8}$ W. m⁻².K⁻⁴;

TRM = temperatura radiante média, K.

A TRM é calculada pela expressão:

$$TRM = 100^4 \sqrt{2,51 \cdot v^{0,5} \cdot (Tgn - Tbs) + (Tgn / 100)^4}$$

em que,

v = velocidade do ar, $m.s^{-1}$;

Tgn = temperatura de globo negro, K.

Tbs = temperatura de bulbo seco, K.

Índice de Desconforto Humano (IDH)

Envolve Ta e Td . Adimensional. O Índice de Desconforto Humano (IDH) foi calculado pela fórmula descrita por Ono e Kawamura (1991), sendo Ta a temperatura do ar e Td a temperatura de orvalho.

$$IDH = 0,99Ta + 0,36Td + 41,5$$

Td pode ser calculada pelas expressões:

$$Td = \frac{b * \alpha(Ta, UR)}{a - \alpha(Ta, UR)} \quad \alpha(Ta, UR) = \frac{a * Ta}{b + Ta} + \ln(UR)$$

em que,

$a = 17,27$ e $b = 237,7$

Ta = temperatura ambiental, $^{\circ}C$

UR é a umidade relativa dividida por 100 (cem)

Segundo ONO e KAWAMURA (1991) para seres humanos os valores do IDH menores que 55 representam estresse devido ao frio, entre 55 e 60 situação de desconforto por frio, entre 60 e 75 ambiente confortável, entre 75 e 80 situação de desconforto por calor e IDH maiores que 80 estresse por calor.

Voto Médio Estimado (PMV)

Segundo Fanger (1970), o PMV consiste em um método de predição da

sensação térmica analítica de conforto, baseado no modelo de balanço térmico do corpo humano, função de parâmetros pessoais (atividades físicas e tipo de vestimenta) e de parâmetros ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar).

$$PMV = (0,028 + 0,3033 * e^{(-0,036 \cdot M)}) * L$$

em que:

M = Taxa metabólica, W/m²;

L = Carga térmica resultante das trocas de calor com o ambiente, W/m².

Considerando as variáveis que influenciam no conforto térmico, Fanger (1970) construiu uma escala de -3 a +3, com base nas sensações térmicas de desconforto, conhecida como escala de sensação térmica, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Sensação térmica correspondente ao índice PMV.

Muito Frio	Frio	Levemente Frio	Confortável	Levemente Quente	Quente	Muito Quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

Temperatura Equivalente Fisiológica (PET)

A PET, desenvolvida por Höppe (1999), é um índice que define uma temperatura fisiológica equivalente em determinado local (ao ar livre ou em ambientes fechados) com uma temperatura considerada igual à do ar, considerando que o corpo humano esteja em equilíbrio térmico com o meio, como visto na Tabela 5.

Tabela 5. Sensações térmicas e a classificação do PET para o Meio-Oeste Europeu, Taiwan (Tropical) e São Paulo.

Sensações Térmicas	Meio-Oeste Europeu (°C PET)	Região tropical (°C PET)	São Paulo (°C PET)
Muito Frio	<4	<14	
Frio	4-18	14-18	<4
Fresco	8-13	18-22	4-12
Ligeiramente Fresco	13-18	22-26	12-18

Confortável	18-23	26-30	18-26
Ligeiramente Calor	23-29	30-34	26-31
Calor	29-35	34-38	31-43
Quente	35-41	38-42	>43
Muito Quente	>41	>42	

Fonte. Lin *et al.* (2017); Monteiro e Allucci (2011).

Índice de Desconforto Térmico (IDT)

O Índice de Desconforto Térmico (IDT), descrito por França *et al.* (2016), é indicado para regiões contidas nos trópicos, calculado segundo Equação ajustada por Hendges *et al.* (2018) e classificada segundo Tabela 6.

$$\text{IDT} = \text{Ta} - (0,55 - 0,0055 * \text{UR}) * (\text{Ta} - 14,5)$$

em que:

Ta = Temperatura do ar, °C;

UR = Umidade relativa do ar, %.

Tabela 6. Faixas de sensação térmica IDT.

Faixas IDT (°C)	IDT	Níveis de Desconforto Térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26,0 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Hendges *et al.* (2018).

Índice de Bem Estar Humano (IBEH)

O índice de bem-estar humano (IBEH) permite a indicação direta do nível de bem-estar experimentado por seres humanos. Sua classificação se dá segundo o conceito apresentado por Yanagi Junior *et al.* (2012) para predição do conforto variando de um ambiente classificado como muito ruim, ruim, médio, bom e muito bom ocupando mesma proporção cada qualidade ambiental.

2. INSTRUMENTAÇÃO EM AMBIÊNCIA

Com a finalidade de facilitar a mensuração e verificação da qualidade ambiental de um determinado local, instrumentos portáteis surgiram para mensuração das variáveis Tbs, UR, Tgn, Var, níveis de luz, gases, poeiras, entre outros. Alguns equipamentos mais sofisticados já calculam até mesmo os índices de conforto ambiental, bastando apenas consultar tabelas que indiquem quais as faixas de conforto e estresse para a situação que se está analisando. Segue na Figura 8 alguns exemplos de equipamentos portáteis utilizados para mensuração da qualidade ambiental em ambiência.



Termômetros mercúrio, digital e Laser



Termo-higrômetro Analógico, Digital e *Datalogger*



Termômetro de globo



Anemômetro



Detector multigás



Decibelímetro



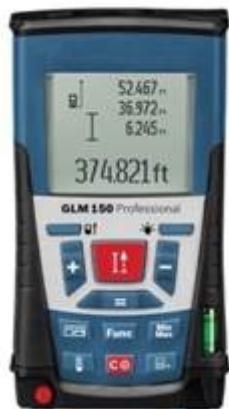
Luxímetro



Bomba amostragem poeira



Multifuncional (4 x 1) Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro



Trena Eletrônica



Drone



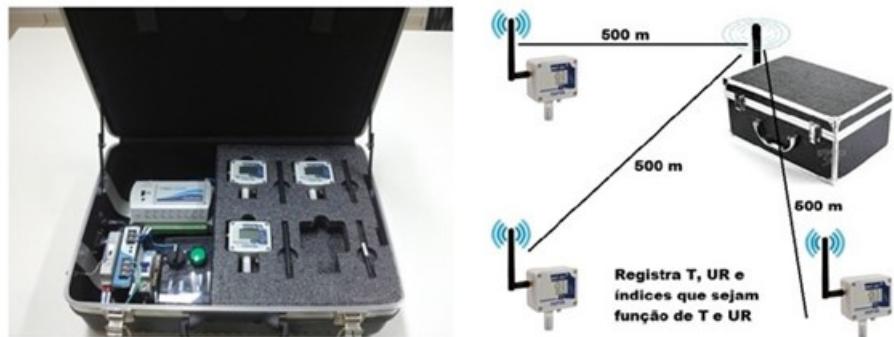
Vant



Câmera Termográfica



Câmeras para monitoramento remoto via wi fi e celular



Maleta aquisição de dados *Datalogger Wireless*

Figura 8. Equipamentos utilizados para mensuração de ambientes

3. ACONDICIONAMENTO TÉRMICO DAS INSTALAÇÕES

É o processo pelo qual são controladas, de forma individual ou conjunta, por meios naturais ou artificiais, as variáveis climáticas, como temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e intensidade de radiação solar, com o objetivo de se obter melhores condições de conforto. Exemplos de aplicação, a) utilização racional de técnicas e materiais de construção; b) orientação das instalações, c) vegetação ao redor das instalações (quebra-vento) e d) ventilação.

a) Utilização racional de técnicas e materiais de construção: principais aspectos térmicos dos materiais de construção. É importante entender que cada material possui características térmicas únicas (Tabela 7).

Tabela 7. Características térmicas de materiais

Superfície	Absorção (∞)	Emissividade (e)	Condutividade Térmica (λ em $\text{W/m}^2\text{K}$)	Refletividade	Densidade (kg/m^3)
Branca	0,2			Muito alta	
Cor clara	0,3-0,5			Alta	
Cor média	0,5-0,7			Média*	
Cor escura	0,7-0,9			Baixa*	
Preto fosco	1,0	0,98		Muito baixa	
água			0,58	Muito alta	1000
Argamassa cimento			1,05	Média*	2000
Asfalto puro	0,90	0,98	0,70	Muito baixa	2100
Tijolo vermelho	0,85	0,95	0,72	Baixa	1600
Tijolo de concreto			0,91	Média	1700
Concreto comum			1,5	Média	2200
Telha de barro	0,85	0,95	0,93	Baixa	
Telha cimento amianto			0,95	Alta**	
Telha alumínio fosco	0,20	0,30	230,0	Média	2700
Telha alumínio polido	0,02	0,04	230,0	Muito alta	2700

Fonte: vários autores

* Depende do brilho ** Depende do uso.

No Brasil, a maioria das instalações são abertas, por isso a cobertura possui importância fundamental na proteção do animal, durante o verão (insolação, calor e chuva) e no inverno (insolação e chuva). Porém nem sempre a função da cobertura é sombrear, sendo que existem situações que esta é utilizada apenas como proteção contra agentes externos, chuva e ventos indesejados (Figura 9).



Figura 9. Modelos de coberturas

A seguir estão listadas as principais características das telhas de barro, fibrocimento e metálicas:

Barro: bom cozimento, superfície lisa, impermeabilidade, boa inércia térmica, baixa refletividade.

Fibro-cimento: baixo peso específico, grande estanqueidade, alta refletividade (quando novas). Vieram como alternativa para substituição às telhas de cimento-amianto.

Metálicas: baixo peso específico, alta condutividade, alta refletividade (quando nova) e grande emissão de sons.

Diante dessas características, qual a telha proporciona melhor conforto térmico?

ROSA (1984) e MORAES (1999) testaram as telhas de barro, alumínio e cimento-amianto para condições de calor, e concluíram que, com base em índices

térmicos, que a melhor opção seria a telha de barro, seguida de alumínio e, posteriormente, cimento-amianto.

Já SANTOS (2001), que estudou os mesmos tipos de telhas, com base no ITGU e CTR, apontou que para condições de frio intenso os três tipos de telhas foram estatisticamente iguais, apesar dos valores absolutos mostrarem que a telha de barro fosse a melhor, seguida das telhas de alumínio e por último cimento-amianto.

Forro das instalações: até pouco tempo era pouco utilizado devido a fatores higiênicos. Para COSTA (1982), o forro reduz a CTR transferida ao interior de um galpão em 62% (forro não ventilado) e até 90% (para forro ventilado) (Figura 10).



VENTILAÇÃO DO ÁTICO

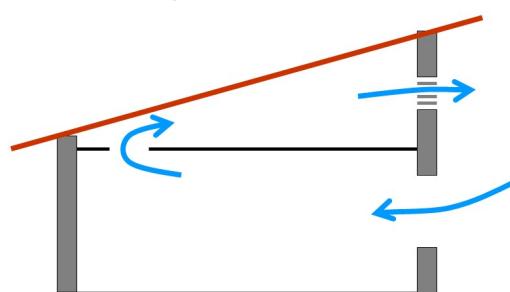


Figura 10. Forro de polietileno de baixa densidade e ventilação do Ático

Pintura em coberturas: deve-se ter cuidado nas escolhas das cores para pintar a cobertura. Pinturas de cor branca possuem alta refletividade e baixo

coeficiente de absorção térmica. Já as cores escuras apresentam baixa refletividade e alto coeficiente de absorção térmica.

A pintura deve ser realizada na parte superior do telhado e se possível recomenda-se também na parte inferior do telhado (Figura 11).



Figura 11. Telhado pintado com cal

Altura do pé-direito: nas coberturas mais altas, a altura do pé-direito possui vantagens, pois contribui para a menor incidência da radiação emitida pela cobertura sobre os animais e maior ventilação. Porém, sua desvantagem envolve o deslocamento mais rápido da sombra ocasionando maior movimentação dos animais.

A altura do pé-direito deve ser função da largura das instalações, dessa maneira a Tabela 8 apresenta de forma simples e direta a relação entre altura e largura:

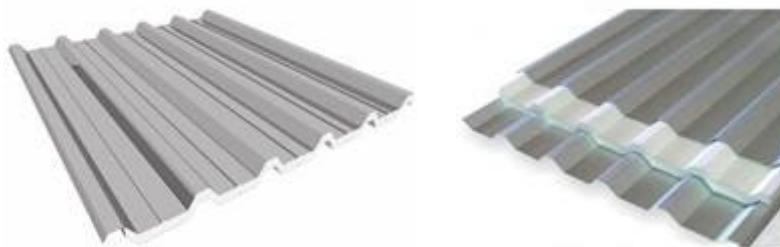
Tabela 8. Pé-direito em função da largura da construção

Largura (em m)	Pé-direito desejável para climas tropicais (em m)
Até 8,00	2,80
8,00 a 9,00	3,15
9,00 a 10,00	3,50
10,00 a 12,00	4,20
12,00 a 14,00	4,90

Fonte: TINÔCO (1995)

Beiral: as principais funções do beiral são a proteção contra chuva e insolação direta, aumento da área sombreada e proteção, também, contra ventos indesejáveis.

Outras modificações interessantes nas instalações são as telhas de alumínio sanduíche, a aplicação de poliuretano sobre a cobertura, a utilização de microaspersão sobre a cobertura e a utilização de cortinas laterais para realização do manejo de temperatura (Figura 12).



Telha alumínio sanduíche



Poliuretano sobre cobertura

Figura 12. Exemplos de telhas sanduíche e com aplicação de poliuretano

b) Orientação: a instalação deve ser orientada de acordo com o clima local (principalmente em instalações abertas). A orientação deve considerar a proteção contra insolação direta, ventos dominantes e frio. As regiões tropicais requerem maiores cuidados, devido a alta intensidade de radiação solar aliada às altas temperaturas.

Analizando o caso de instalações em que a maior preocupação deve ser com o calor, o sentido Leste-Oeste possibilita temperatura do solo e do ambiente menor, assim é bastante indicado para o verão. Já o sentido Norte-Sul, proporciona ótima insolação para efeito germicida, secagem superfícies e bom para a saúde; este sentido de instalação é bom para o inverno (ver Figura 13).

Exemplos de instalações orientadas para Leste-Oeste são as construídas para aves, suínos e gado (bovino) adultos. A orientação Norte-Sul são indicadas para maternidade de suínos, bezerreiros (obedecendo a orientação de face norte para baias individuais e face sul para baias coletivas), devido o grau de insolação.

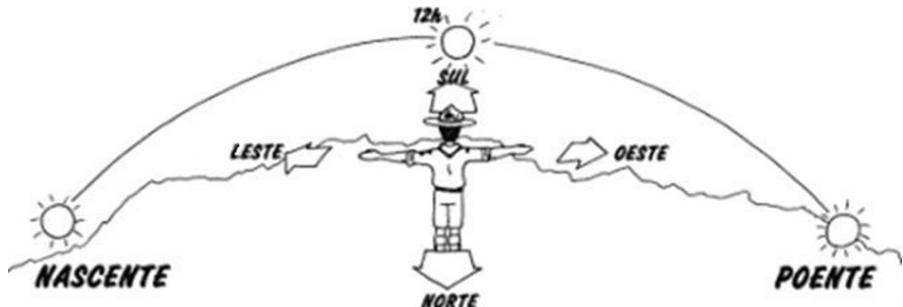


Figura 13. Orientação do Sol Nascente – Poente

c) Vegetação (quebra-vento): os ventos podem ocasionar colapso nas estruturas das instalações, ou ainda, ataque de pragas e doenças, erosão eólica e dessecação do solo. Assim, a utilização de barreira vegetal é importante na proteção da própria instalação e dos animais. Dessa forma, a barreira vegetal deve estar localizada do lado em que o vento sopra.

Sua altura deve ter no máximo 15 metros e estar localizada a uma distância da construção entre 2H a 5H, sendo H a altura da planta adulta, devido possíveis problemas ocasionados pelo seu sistema radicular e no caso de queda.

Espessura da barreira: **Podem ser** estreitas faixas arborizadas (cortinas) são mais eficientes que grandes complexos vegetais (Figura 14). Podem ser implantados na forma de cercas vivas ou faixas arborizadas com copas fechadas (Figura 15)

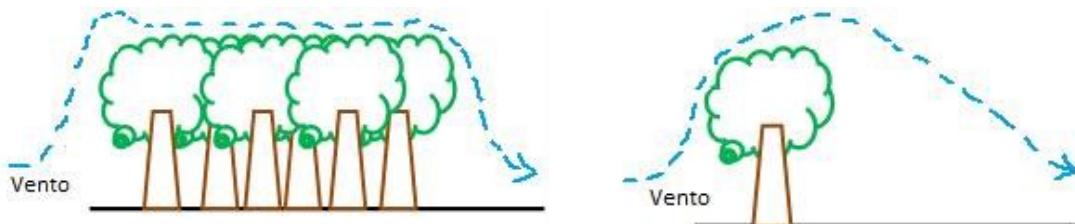


Figura 14. Complexo vegetal (floresta) e faixa arborizada



Figura 15. Exemplo de cerca viva e proteção de copas elevadas

O quebra-vento pode agir de 3 formas: sombreamento parcial e temporário, absorção de água do solo e diminuição da velocidade do vento, não impactando direto na instalação, de acordo com a Figura 16.

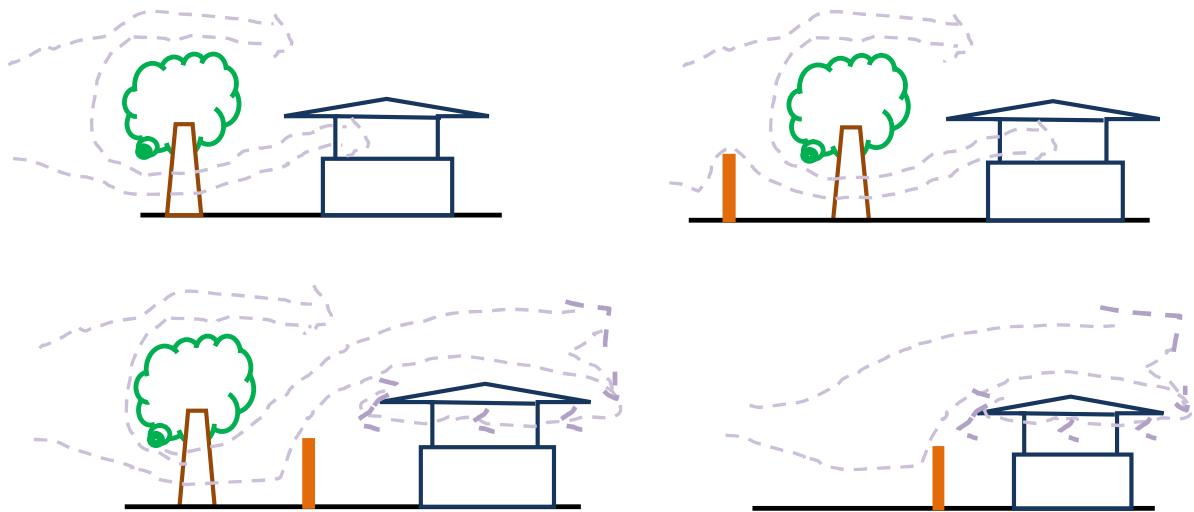


Figura 16: Formas de quebra-vento (barreiras naturais e artificiais)

d) Ventilação: causa o deslocamento das massas de ar de um ambiente. Didaticamente é denominada higiênica (direcionada para a altura dos animais) e térmica (direcionada para a parte superior da instalação, onde está o ar aquecido). A ventilação térmica tem como objetivo principal baixar a temperatura de interiores das instalações; enquanto que, a ventilação higiênica tem como prioridade remover poeiras, bactérias e odores (N^2 , O^2 , CO^2 , vapor de $H2O$ e etc.).

Assim, quando utilizar a ventilação higiênica e térmica?

A ventilação higiênica é adequada para ser utilizada no verão e inverno tendo como foco o inverno, enquanto que a ventilação térmica tem como prioridade o verão (Figura 17).



Figura 17. Efeito da ventilação térmica e higiênica

A ventilação pode ocorrer por meios naturais ou artificiais, sendo a primeira o movimento natural do ar, em razão das diferenças de pressão (exemplo, aberturas laterais) e, a segunda é produzida por dispositivos especiais que requerem energia artificial (geralmente, se utiliza ventiladores e exaustores (exemplo, ventilação túnel, lateral, sistema adiabático evaporativo).

O Lanternim

Pequeno telhado sobreposto às cumeeiras, propiciando ventilação (Figura 18). São aberturas, dispostas na cobertura de edificações, para propiciarem ventilação e iluminação naturais dos ambientes. O funcionamento dos lanternins é devido à diferença de densidade do ar ambiental ao ganhar calor. O ar, ao ser aquecido, fica menos denso e ascende para a cobertura. Quanto maior a altura da cobertura, mais significativa será a ascensão do ar.

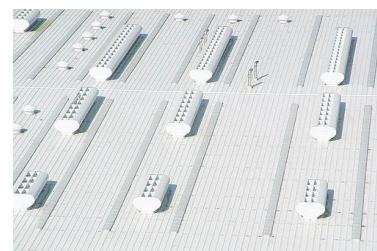


Figura 18. Modelos de Lanternim

Em instalações rurais existe uma regra para dimensionamento de lanternins, como apresentado na Figura 19.

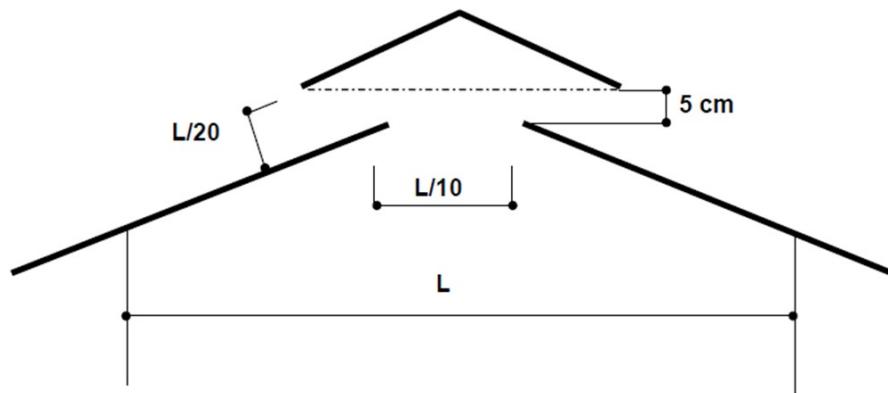


Figura 19. Dimensionamento de Lanternins

Ventilação Térmica Natural

Na ventilação térmica natural, as diferenças de temperatura provocam variações de densidade do ar no interior dos galpões, que causam por efeito termostossifão, diferenças de pressão que se escalonam no sentido vertical. Essa diferença de pressão é função da diferença de temperatura do ar entre o interior do galpão e o exterior, do tamanho das aberturas de entrada e saída do ar pelo lanternim e, por fim, da diferença de nível entre essas aberturas. Esse efeito é também denominado de “efeito chaminé” e considerando uma cobertura de galpão, naturalmente ventilada, esse efeito existe independentemente da velocidade do ar externo (Figura 20).

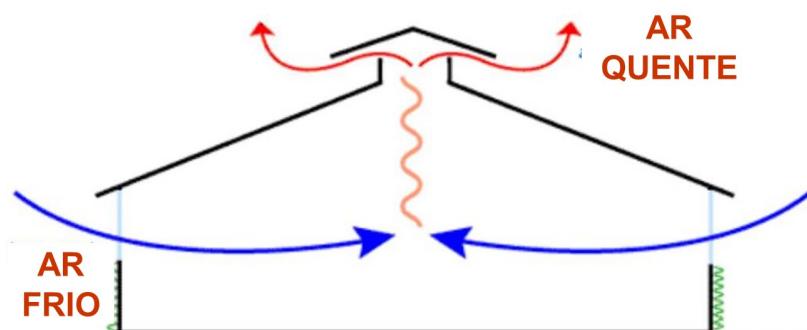


Figura 20. Ventilação térmica natural

Ventilação Térmica Artificial

A ventilação artificial é produzida por equipamentos especiais como exaustores e ventiladores. É utilizada sempre que as condições naturais de ventilação não são suficientes para baixar de forma adequada a temperatura do ar por meio da sua movimentação. Tem a vantagem de permitir, filtragem, distribuição uniforme e suficiente do ar no galpão e ser independente das condições atmosféricas. Permite fácil controle da taxa de ventilação através do dimensionamento dos ventiladores/exaustores, das entradas e saídas de ar. Porém é um sistema que tem como limitação depender de energia externa, normalmente elétrica, e possuir um custo constante para utilização e manutenção.

Existem duas formas de se promover artificialmente a movimentação do ar:

sistema de pressão negativa ou exaustão;

sistema de pressão positiva ou pressurização.

A Figura 21 mostra alguns exemplos de sistemas artificiais de resfriamento de galpões;



Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo



Figura 21. Sistemas artificiais de resfriamento de galpões

Todas alterações feitas no ambiente que não proporcionam um custo periódico para funcionamento e manutenção e funcionamento é chamado de modificação primária. Quando estas alterações não são suficientes para se chegar a um ambiente adequado e faz-se necessário o uso de formas artificiais para complementar as alterações e esse complemento possui um custo mensal de uso e manutenção, este é chamado de modificação secundária. Neste contexto, as construções, materiais, orientação, barreira vegetal, lanternim e ventilação natural, entre outras, são modificações primárias. Já o uso de ventiladores e exaustores são modificações secundárias. Também fazem parte desta segunda classe o aquecimento artificial e fotoperíodo (Figura 22)



Figura 22. Aquecimento artificial e programa de luz artificial

3.1. Principais Tipos de instalações para produção animal

Com passar dos anos vários modelos de instalações vêm sendo desenvolvidos, com a finalidade de reduzir os efeitos negativos dos fatores climáticos sobre o desempenho dos animais criados em confinamento. Historicamente as primeiras instalações com finalidade comercial foram chamadas de Convencionais. Porém, com o passar do tempo, o mercado passou a ficar mais exigente quanto à condições de sanidade e conforto aos animais alojados. Foi ai que surgiu a instalação com Sistema Adiabático Evaporativo (SRAE). Com o aquecimento global foi necessário melhorar o conforto

proporcionado por este tipo de instalação, surgindo daí os modelos de galpão *Dark House* que visavam além de conforto economia de energia. Por fim, uma das instalações que estão iniciando seu processo de aceitação por parte dos produtores é a instalação Isotérmica, que proporciona a melhor condição de conforto entre todas, menor consumo energético e menor custo com manutenção.

Construções Convencionais

Este sistema convencional não possui sistema de controle artificial da temperatura e o condicionamento térmico é natural, podendo ou não possuir forro e cortina de ráfia amarela, azul ou branca (Figura 23). É um modelo de galpão bastante influenciado pelas variáveis ambientais, pois depende das condições do clima externo para fornecer um ambiente favorável ao animal alojado. Assim, em regiões de clima tropical não são os mais indicados com vistas ao conforto térmico, principalmente considerando-se as variações térmicas ocasionadas pelo aquecimento global.



Figura 23. Vista interna de um galpão Convencional de aves de corte e de suínos.

Esse sistema de criação não dispõe de tecnologia de controle artificial da temperatura e umidade, havendo apenas controle das cortinas ou acionamento de ventiladores dispostos em seu interior. Constitui-se em um sistema que requer maior mão de obra por parte do produtor, precisando estar sempre atento às variações climáticas que em tempos de aquecimento global podem fugir de seu controle.

Construções com Sistema Adiabático Evaporativo

Como alternativa em climas tropicais e subtropicais busca-se amenizar os

efeitos das altas temperaturas no interior das instalações, com o acondicionamento térmico por meio do sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE), forçando a passagem do ar externo através de um material poroso, umedecido por meio de ventiladores ou exaustores (Figura 24).



Figura 14. Vista interna e externa de um galpão com sistema adiabático evaporativo.

É bastante utilizado em instalações avícolas e casas de vegetação. O princípio deste SRAE também é adotado para melhoria do ambiente humano em sistemas de climatização evaporativo tipo Ecobrisa ®. Suas maiores limitações são quanto ao custo de manutenção dos painéis evaporativos.

Construções Dark House

O galpão Dark House (Figura 25), devido ao melhor controle ambiental, proporciona resultados significativos na melhoria dos animais alojados, quando comparado com sistema convencional ou SRAE. Além disso o ambiente faz uso de iluminação com controlada com lâmpadas de LED de baixo consumo de energia elétrica, reduzindo o consumo de energia, refletindo nos custos de produção



Figura 25. Vista externa e interna de um galpão Dark House

Construções Isotérmicas

No sistema Isotérmico destaca-se que a pressão negativa requer bastante

atenção sendo necessário um perfeito isolamento e vedação. O isolamento faz com que as condições internas do aviário sejam totalmente independentes do exterior, sendo possível ter as melhores condições de conforto entre todos modelos de instalação.

As construções do tipo Isotérmica vem se evidenciando por possuir um processo de execução rápido, manutenção reduzida e menor gasto energético com arrefecimento térmico. Porém, em razão de possuir uma estrutura mais sofisticada possui custo de implantação mais elevado que os demais modelos de instalação. As instalações do tipo isotérmica possuem fechamento lateral com placas térmicas e antecâmara, sua entrada é através de porta tipo frigorífico e sua cobertura possui uma vedação interna com forro isotérmico (Figura 26).



Figura 26. Vista externa e interna de um galpão tipo Isotérmico.

O resfriamento interno é obtido por meio de painéis evaporativos instalados em uma das extremidades do aviário e, na direção oposta, um conjunto de exaustores que proporcionam a troca de ar.

Super confinamento (mega-aviários)

São estruturas gigantes, com 150 metros de comprimento por 30 da largura (Figura 27). Alguns produtores, erguem galpões de até 155 x 36m. O modelo padrão utilizado pela maioria das integradoras de aves não passa de 120 x 14 m. O projeto de engenharia se destaca pela capacidade de alterar metragem lateral, atingindo a largura de três aviários.



Figura 27. Vista externa de um super aviário.

Se no sistema padrão são alojadas entre 17 a 20 mil aves, nos mega-aviários a capacidade salta para até 90 mil. A inovação desafia a prerrogativa dos sistemas tradicionais de alterar somente a metragem do comprimento dos aviários, e aparece como uma alternativa para reduzir custo e aumentar produtividade.

Como o custo de um superconfinamento é muito elevado a liberação de financiamentos para tal investimento precisa de mais garantias. Isso faz com que a maioria destes sejam construídos na forma de condomínios, com espaços loteados entre diversos produtores.

Este tipo de instalação equaciona questões logísticas, custos fixos operacionais e aumento de produção.

O tamanho da estrutura pode variar de acordo com a capacidade econômica de cada proprietário ou cooperativa, no entanto, deve primar pelo bem-estar dos animais, usando ferramentas da ambiência para avaliação das condições ambientais.

4. NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A avaliação ambiental é imprescindível para o planejamento e o estabelecimento de objetivos e aprimoramento de ações visando melhoria de ambientes.

O desenvolvimento econômico, a urbanização de áreas rurais e o crescimento populacional tendem a aumentar a proporcionar uma evolução tecnológica que visa o uso sustentável de recursos ambientais e mitigação da degradação ambiental (SADI JUNIOR *et al.*, 2017).

Segundo Vilha e Dias (2017), tecnologias ambientais estão associadas ao desenvolvimento de processos que possam promover uma melhoria da performance do uso ambiental, por meio da utilização de matérias-primas, fontes de energia, equipamentos ou técnicas que privilegiem a redução de impactos ambientais.

A avaliação de ambientes antropizados tem consistido numa importante ferramenta para a retroalimentação de projetos urbanísticos, tanto na escala da edificação quanto na conservacionista ambiental (SILVA; FREITAS ,2016).

Buonocore *et al.* (2017) relatam que avaliações ambientais de conforto térmico por meio de métodos baseados nas abordagens analítica diretas com instrumentos e/ou adaptativas preditivas via simulações, são desenvolvidas em pesquisas envolvendo diversos climas, estações e modos de condicionamento, com intuito de verificar os impactos em relação às percepções de conforto dos usuários locais.

Yan *et al.* (2017), realizaram estudos em que mensuraram com termohigrômetros *dataloggers* as condições climáticas em regiões edificadas expostas a diferentes tipos de climatização.

Os equipamentos usados na avaliação ambiental nem sempre estão disponíveis, ou suas mensurações ao serem utilizadas em índices de conforto apresentam intervalos de incerteza. Posto isto, Haddad *et al* (2017) afirmam que o uso de *softwares* de simulação que envolvam situações de incerteza são interessantes para serem utilizados como ferramentas de gestão neste tipo de análise.

De acordo com Santos *et al.* (2017), as Tecnologias da Informação e

Comunicação (TIC), aplicadas ao desenvolvimento rural e monitoramento ambiental, evidenciam esta nova era das propriedades rurais brasileiras com vistas ao futuro.

A Lógica *Fuzzy* surge como uma alternativa da Lógica Clássica, para trabalhar questões vagas, incertas ou mal definidas, como os presentes no raciocínio humano e interações com meio ambiente. Ela foi proposta inicialmente para resolver problemas de automação e controle, porém, houve uma expansão do conhecimento nesta área visto que por se tratar de sistema especialista proporciona resultados que auxiliam na tomada de decisão (MAUÉS *et al.*, 2019).

4.1. Sistemas de Suporte a Decisão

Formas de cruzamento de informações são constantemente criadas com a finalidade de se obter um melhor gerenciamento das informações. Atualmente, vários sistemas automatizados de suporte à decisão vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de auxiliar na gestão de situações incertas, sendo que grande parte deles utilizam como base a lógica *fuzzy* (CORDERO *et al.*, 2020).

A Lógica *fuzzy* é um sistema especialista de simulação que tem sido bastante usado em pesquisas de ambiência envolvendo produção animal, vegetal, conforto humano, comportamento e ambientes diversos, entre outros.

4.1.1. Aplicações da Lógica *Fuzzy*

Sistemas de suporte à tomada de decisão têm surgido com a intenção de auxiliar na observação de situações e administração mais sustentável de questões envolvidas. Porém, a maioria das simulações utiliza base de dados incompletos ou até mesmo informações desconhecidas, gerando respostas nem sempre confiáveis (MA *et al.*, 2018).

Segundo Ghorabae *et al.* (2017), um avanço no desenvolvimento dos sistemas de suporte à tomada de decisão é a inclusão de um especialista que tem a tarefa de desenvolver escalas de confiabilidade aos dados utilizados no programa, indicando assim, o grau de segurança das respostas.

A lógica *fuzzy* foi matematicamente caracterizada pela definição das variáveis de entrada e saída (Figura 27), e suas funções de pertinência associadas (Figura 28), estabelecendo a criação de algoritmos genéricos,

capazes de imitar parte do raciocínio humano (ZADEH, 1965).

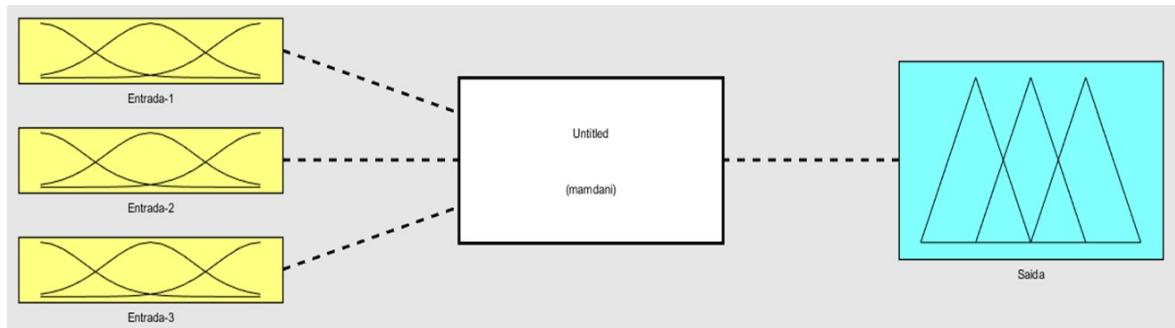


Figura 27. Esquema de entrada da Lógica *Fuzzy*

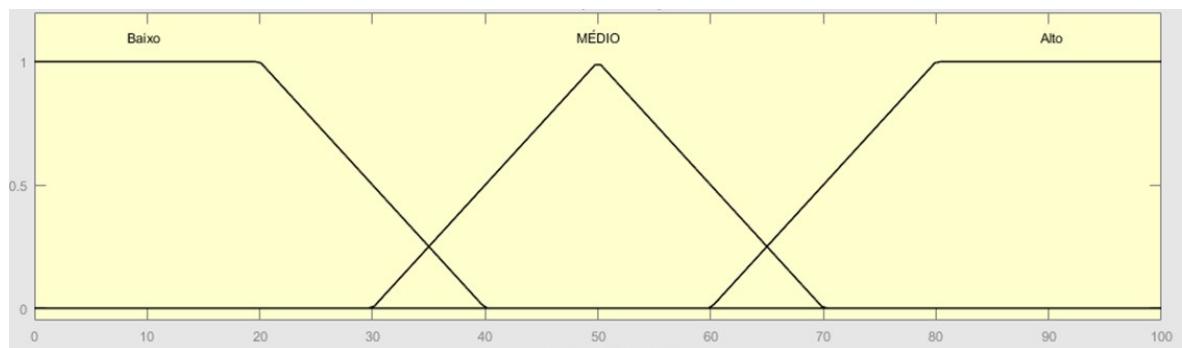


Figura 28. Função de Pertinência genérica de uma simulação *Fuzzy*

O uso de sistemas de suporte à tomada de decisão baseados na lógica *fuzzy* para avaliação de questões ambientais é cada vez mais comum. Avaliação da fragilidade hidroambiental, modelagem de perigo e risco de incêndios florestais, ações ambientais portuárias mais sustentáveis, qualidade da produção animal e vegetal, incidência de doenças, conforto térmico e ambiental, entre outras vem sendo realizadas com sucesso.

5. PERSPECTIVAS FUTURAS

O contexto estudado pela ambiência como parte das construções rurais, em conjunto com outras áreas de conhecimento, está em assegurar a eficiência das instalações para que estas consigam proporcionar as melhores condições de conforto e sanidade; minimizando o estresse térmico, bem como assegurar bem-estar, sem conflitar com facilidades de manejo e controle dos animais. Logo, deve-se preocupar com ambiente construtivo (conforto estrutural), ambiente termodinâmico (conforto térmico), ambiente aéreo (qualidade do ar), ambiente salubre (salubridade do trabalhador), ambiente e bem-estar do animal.

Assim, o grande desafio da ambiência é conseguir que o ambiente interno não seja agressivo ao animal ou trabalhadores e esteja sempre identificando futuras questões que possam vir a causar problemas produtivos, mesmo antes que estes começem a existir.

Neste contexto, ficam algumas questões:

Os animais tem sentimentos? Se comunicam por vocalização? É possível desenvolver algum equipamento que traduza os sons emitidos pelos animais em palavras que os seres humanos consigam entender? Com o aquecimento global, os animais vão preferir ficar soltos em um ambiente quente ou confinados em ambientes controlados, mas com restrição de espaço?

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCO, A.; PACHALY, J.R.; BACILA, M. Síndrome do estresse em animais – revisão. Arq. Cien. Vet. Zool. Unipar, 2(1), 1999.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. Ambiência em Edificações Rurais: conforto animal. UFV, 2010.
- BARBOSA FILHO, J.A.D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais utilizando análises de imagens. 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- BARBOSA FILHO, J.A.D. Caracterização quantitativa das condições bioclimáticas e produtivas nas operações pré-abate de frangos de corte. 2008. 174f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- BUONOCORE, C.; LIMA, I.; BARROS, R.; DE VECCHI, R.; LAMBERTS, R. Avaliação de conforto térmico em um ambiente acadêmico naturalmente ventilado localizado em Florianópolis-SC. In: X Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. p.1-10, 2017.
- BUFFINGRTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural engineers**, 1982 16p.(PAPER 82-4061).
- CAMPOS, A. T. **Determinação dos índices de conforto e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões em condições de verão para Viçosa-MG.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 66p. 1986. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência). Departamento de Engenharia Agrícola, 1986.
- CORDERO, P.; ENCISO, M.; LÓPEZ, D.; MORA, A. A conversational recommender system for diagnosis using fuzzy rules, **Expert Systems with Applications**, v. 154, p.1-12, 2020.
- DE LUCENA, M. C.; CAMPELLO, L. G. B.; TREVISAM, E. Florestas e o bem-estar humano: desafios para o direito internacional no século XXI. *Revista Argumentum-Argumentum Journal of Law*, v. 20, n. 3, p. 1161-1182, 2019.
- DE OLIVEIRA, J. F. C. Influência da exposição a frio severo nos parâmetros fisiológicos. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: Portugal. 2018. 77p.
- DISCOLI, C.; MARTINI, I.; SAN JUAN, G.; BARBERO, D.; DICROCE, L.; FERREYRO, C.; ESPARZA, J. Methodology aimed at evaluating urban life quality levels. **Sustainable Cities and Society**, v. 10, p. 140-148, 2014.
- EIKERMANN, A. **Forests in International Law:** Is there really a need for an International Forest Convention? Suíça: Springer, 2015. 196p.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. 2. ed. **Westport: CT Abi**,

1969, 325p.

FANGER, P. **Thermal Comfort.** New York: McGraw-Hill, 1970.

FARIA, J. R. F.; RHEINGANTZ, P. A. Cognição e Comportamento Ambiental no Ambiente de escritório. **NUTAU**, v. 2, p. 1-8, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.I.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FRANÇA, M. S.; CASTANHA, M.; DOMBSKI, E.; DE FRANÇA, S. M. B.; DE MELO, D. S. Estimativa de conforto térmico no entorno do Instituto Federal de Mato Grosso: estudo de caso no campus Sorriso. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v.20, n.2, p.185-193, 2016.

GATES, R.S. et al. Regional variation in temperature index for poultry housing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.1, p.197-205, 1995.

GHORABAEE, M. K.; AMIRI, M.; ZAVADSKAS, E.K.; ANTUCHEVICIENE, J. Supplier evaluation and selection in fuzzy environments - A review of MADM approaches Economic Research - Ekonomika Istraživanja, v.30, p. 1073-1118, 2017.

GRANDIN, T; JOHNSON. C. O bem-estar dos animais: proposta de uma vida melhor para todos os bichos. Rocco, 2010.

GRANDJEAN, E., **Manual de Ergonomia:** Adaptando o Trabalho ao Homem. 4 ed. traduzida por Stein J.P., Artes Médicas, Porto Alegre. 1998. 338p.

HADDAD, C. R.; CATAPAN, A.; DA SILVA, F.; MALDONADO, M. U. Dinâmica de Sistemas e Prospecção de Cenários: Uma Revisão da Literatura. **Future Studies Research Journal: Trends & Strategies**, v.9, n.3, p.93-125, 2017.

HENDGES, E. R.; ANDRES, J.; MARION, F. A. Correlação espacial entre os usos e cobertura da terra e a temperatura de superfície nas áreas urbanas de Francisco Beltrão e Pato Branco/PR. **Boletim Goiano de Geografia**, n.38, p.159-177, 2018.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International journal of Biometeorology**, v. 43, n. 2, p. 71-75, 1999.

KLADIVO, P.; HALÁS, M. Quality of life in an urban environment: a typology of urban units of Olomouc. **Questiones Geographicae**, v. 31, n. 2, p. 49–60, 2012.

LENZHOLZER, S.; KLEMM, W.; VASILIKOU, C. Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces. **Urban Climate**, v. 23, p. 231-249, 2018.

LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. **Bio Eng**, Campinas, v.1, p.70-81, 2007.

LIN, T. P.; CHEN, Y. C.; MATZARAKIS, A. Urban thermal stress climatic mapping: Combination of long-term climate data and thermal stress risk evaluation. **Sustainable Cities and Society**, v. 34, p.12 - 21, 2017.

MA, J.; KREMER, G.E.O.; RAYA, C.D. Comprehensive end-of-life strategy

decision making approach to handle uncertainty in the product design stage. **Research in Engineering Design**, v.29, n.3, p. 469-487, 2018.

MAUÉS, L. M. F.; SÁ, J. A. S. D.; COSTA JUNIOR, C. T. D.; KERN, A. P.; DUARTE, A. A. A. M. Construction duration predictive model based on factorial analysis and fuzzy logic. **Ambiente Construído**, v.19, n.4, p.115-133, 2019.

MEDEIROS, L.F.D. Estresse e estressores. UFRRJ, 2007.

MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA D. H.. Apostila de Bioclimatologia Animal. UFRRJ, 1997.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Proposal of an outdoor thermal comfort index: Empirical verification in the subtropical climate. In: PLEA - Architecture and Sustainable Development, p. 433–438, 2011.

MORAES, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. C. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.89-92, 1999.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do recife. **Revista de Geografia**, v. 28, p.93-109, 2011.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP) Curitiba: UFPR, 2008. 150p.

ONO, H.S.P.; KAWAMURA T. Sensible Climates in Monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, vol. 35, n. XX, p. 39-47, 1991.

PEREIRA, J. S. **O futuro da floresta em Portugal**. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2016. 120p.

PUHL, N. M.; MARCHI, M. I. Investigative activities in physical education: a thermodynamic approach to the human body. **Revista Eletrônica de Educação**, v.13, n.3, p.1191-1205. 2019.

RHEINGANTZ, P.; DE ALCANTARA P., D. Cognição experiencial, observação incorporada e sustentabilidade na avaliação pós-ocupação de ambientes urbanos. **Revista Ambiente Construído**, v.7, n. 1, p. 35 – 46, 2007.

ROSA, Y. B. C. J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico em condições de verão, para Viçosa**. Viçosa: UFV, 1984. 77p. Dissertação Mestrado.

SADI JUNIOR, H. T.; AMORIM, J. C.; RIBEIRO, A. G. C.; FIA, R. Coleta seletiva: influência nos hábitos de descarte da população em Lavras, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 43, p. 49-63, 2017.

SANTOS, P. S.; AZEVEDO, D. B.; ALVES, L. G. S.; MAGALHÃES, L. L. K. Modelos tecnológicos aplicados na agropecuária brasileira e suas dimensões sociotécnicas e ambientais. **Desafio Online**, v.5, n.2. p.221-241, 2017.

SILVA, R. C. D.; FREITAS, L. D. S. Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. **Interações**, v.17, n.4, p.767-780, 2016.

TALAIA, M. O organismo humano num ambiente de stress térmico—caso de uma área com fornos. **Acta de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española**, n. 29, p.1-5, 2020.

TEIXEIRA, V. H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG.** Viçosa: UFV, 1983, 59p. Dissertação Mestrado

VILHA, A. M.; DIAS, D. R. Tecnologia e meio ambiente como mecanismos propulsores de negócios e competitividade: um estudo em empresas da região do Grande ABC. **Revista de Empreendedorismo, Negócios e Inovação**, v.2, n.2, p.30-48. 2017.

YAN, H.; MAO, Y.; YANG, L. Thermal adaptive models in the residential buildings in different climate zones of Eastern China. **Energy and Buildings**, n.141, p. 28–38, 2017.

YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; ABREU, L. H.; BARBOSA, J. A.; CAMPOS, A. T. Procedimento *fuzzy* aplicado à avaliação da insalubridade em atividades agrícolas. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.3, p.423-434, 2012.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets.** Information and control, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58306/1/doc63.pdf>
Acesso em julho de 2020.

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT00fc6egldw02wx5eo0a2ndxy52c1qcd.html Acesso em julho de 2020.

<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-laternim/>
Acesso em julho de 2020.

<https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticiasclippings&id=13056>
Acesso em julho de 2020.

Imagens de domínio público disponibilizadas na internet.