

---

## Desempenho térmico por transferência de calor em edificações para suínos

### *Thermal performance by heat transference in pig sties*

Taís Perez da Silva<sup>1</sup>, Patrick Renan Minusculi<sup>2</sup>, Mari Aurora Favero Reis<sup>3</sup>

**RESUMO:** O planejamento e execução da construção são ações importantes para a produção de suínos; uma vez construída, qualquer alteração estrutural torna-se difícil e onerosa. Para investigar as transferências de calor em construção para suínos, foi realizado um estudo de campo. A execução deu-se a partir da visita técnica em quatro fazendas, com diferentes plantas executivas. Um foi construído em pedra ardósia, os outros em alvenaria convencional. Os critérios analisados são vegetação circundante, área de exposição, posicionamento solar e transferência de calor por condução. Os resultados demonstram que o sombreamento da vegetação pode contribuir significativamente para o conforto térmico da edificação, reduzindo os gastos com energia elétrica com climatização. Conclui-se que a avaliação de que o reflorestamento e o posicionamento solar são condições fundamentais para reduzir as transferências de calor, contribuindo para a sustentabilidade da produção, evitando problemas futuros com gastos com ar-condicionado.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Construção rural. Produção de suínos.

**ABSTRACT:** The planning and execution of pig pens or sties are important activities in swine production and any structural change is difficult and costly. A field study was conducted to investigate heat transfers in pig sties. A technical visit to four farms with different execution plants (slate stone and conventional masonry) was conducted. The criteria analyzed comprised surrounding vegetation, exposure area, solar positioning and heat transfer by conduction. Results show that shading by vegetation may contribute significantly towards the thermal comfort of the building, reducing the costs of electric energy with air conditioning. Reforestation and solar positioning are fundamental conditions to reduce heat transfers, contributing to the sustainability of swine production and avoiding future problems with air conditioning expenditures.

**Keywords:** Thermal comfort. Rural construction. Swine production.

---

**Autor correspondente:**  
Mari Aurora Favero Reis: [mariaaurorafavero@gmail.com](mailto:mariaaurorafavero@gmail.com)

Recebido em: 26/09/2020  
Aceito em: 15/02/2021

---

## INTRODUÇÃO

O setor agrícola tem sido importante vetor do desenvolvimento local, regional e na própria economia brasileira. Este vem desempenhando um papel central no controle da inflação, na segurança alimentar, na geração direta de renda e na ocupação do meio rural e, também, na

---

<sup>1</sup> Engenharia Civil na Universidade do Contestado, Campus de Concórdia (SC), Brasil.

<sup>2</sup> Acadêmico de Engenharia Civil, Bolsista UNIEDU. Universidade do Contestado, Concórdia (SC), Brasil.

<sup>3</sup> Professora e Doutora Pesquisadora na Universidade do Contestado, Concórdia (SC), Brasil.

indireta no meio urbano, por meio da comercialização dos seus produtos e na integração socioeconômica do território nacional (LIMA *et al.*, 2019).

As características físicas da edificação são fatores importantes no planejamento e projeto de sistemas para produção de suínos, uma vez que, após construídas, as mudanças estruturais tornam-se onerosas. O ambiente interno de uma edificação de suínos, por afetar o consumo, o comportamento e o desempenho animal, influi, direta ou indiretamente, sobre o consumo de ração e de água, comportamento excretor e ganho de peso, entre outros (OLIVEIRA; SILVA, 2006). Atualmente, adequar as instalações e o desempenho dos animais frente às variações meteorológicas é uma ação permanente nas edificações suinoculturas, a fim de atender as necessidades de conforto ambiental e bem-estar animal. A justificativa é que as variáveis meteorológicas possuem uma influência no desempenho dos animais; tanto no aspecto reprodutivo, como no ganho de peso (CAMPO *et al.*, 2008).

O modelo de edificação exerce, também, grande influência no desempenho do suíno. O conhecimento dos fatores meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar, ventilação, luminosidade e incidência solar) é fundamental para definir o modelo, a localização, o material de construção e o grau de fechamento desejado nas edificações (PERDOMO *et al.*, 1999). As edificações para suínos nessas condições deveriam ser projetadas e construídas de forma a proporcionar melhor conforto térmico para os dias quentes, especialmente para os animais adultos (PERDOMO; NICOLAIEWSKY, 1988).

Diante da problemática relatada, uma pesquisa foi realizada com objetivo de proporcionar conforto térmico e bem-estar animal, onde foram investigadas as características físicas, transferências de calor nos envolventes e condições dos entornos em edificações suinícolas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O BEM-ESTAR ANIMAL

A suinocultura e avicultura brasileiras são cadeias produtivas essenciais para o bom desempenho do agronegócio nacional, a sustentabilidade na produção local, bem como o ambiente institucional constituído por um aparato de normas que asseguram a qualidade da carne, de modo que esses produtos são destaque no mercado internacional (XAVIER *et al.*, 2013). Entretanto, as boas práticas de produção agropecuária sugerem que todo animal deve estar livre de fome, sede, desconforto, dor, injúrias e doenças, para expressar seu comportamento natural, estando livre de medo e estresse (BROOM; MOLENTO, 2004; CARVALHO *et al.*, 2013).

Na Região Sul ocorrem variações climáticas durante o ano, predispondo a ocorrência de temperaturas elevadas no verão e temperaturas baixas no inverno, elementos meteorológicos que podem influenciar na produtividade agropecuária (VALE, 2008). No Brasil, o Decreto nº 24.645, de 10 de julho de 1934, considera como maus tratos aos animais a prática de qualquer ato de abuso ou crueldade, como mantê-los em lugares inadequados, dificuldade de respiração, de movimento ou de descanso, bem como a qualidade do ar ou incidência de luz (COUTINHO *et al.*, 2014).

A definição de bem-estar animal está vinculada à possibilidade de execução dos comportamentos naturais da espécie. A ampliação dos estudos na área de bem-estar e qualidade da carne suína impacta diretamente na economia local e, para atender às exigências do mercado consumidor, produtores e técnicos buscam por mudanças nos princípios de bem-estar animal (ABREU, 2012). Segundo Centurión (2012), o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de carne suína. Ainda assim, há perdas produtivas relativas devido às condições de conforto térmico, pois a maioria das instalações está sujeita às avaliações climáticas. O uso de recursos para climatização demanda de custos adicionais na produção, tanto na instalação e manutenção do sistema, como nos valores com energia elétrica. O ambiente térmico é importante fator ambiental a se levar em consideração, pois exerce efeitos sobre o bem-estar e, consequentemente, sobre a resposta produtiva animal (OLIVEIRA, 2015a).

## 2.2 O AMBIENTE TÉRMICO

O ambiente onde o animal está inserido exerce grande influência sobre a capacidade homeotérmica do suíno, a produção ou a perda de calor para o meio. A neutralidade irá depender de fatores ambientais como: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, a presença ou ausência de abrigos para os animais. Desse modo, o ambiente pode ser definido como a soma dos impactos dos circundantes biológicos e físicos (BRIDI, 2001). O desempenho dos animais está associado não só a fatores genéticos, como também ao manejo, à nutrição e à sanidade que, por sua vez, estão correlacionados a fatores climáticos, especialmente temperatura ambiente e umidade relativa do ar (CARVALHO; OLIVEIRA; TURCO, 2004).

Nas fases de crescimento e terminação, os suínos são altamente sensíveis a temperaturas elevadas devido ao aumento da massa corporal, à maior camada de gordura subcutânea e, também, da ineficiência das glândulas sudoríparas em produzir suor, tornando-os praticamente inábeis a dissipar o calor corporal (ABREU, 2012). Dessa forma, o suíno é considerado um agente modificador do meio em que vive, seja através da geração de calor, vapor d'água, fezes, urina ou como foco de desenvolvimento de patógenos. Nessas condições, o verdadeiro ambiente passa a ser aquele reinante no interior da edificação ou aquele cujo ar os animais respiram (PANDORFI; SILVA; PIEDADE, 2008).

## 2.3 A AMBIÊNCIA NA SUINOCULTURA

A ambiência hoje pode ser considerada como a interação dos ambientes termodinâmico, aéreo e acústico. O ambiente térmico que circunda os animais domésticos possui influência direta na quantidade de calor trocado entre o animal e o ambiente. Os animais homeotermos, como os suínos, sobrevivem somente em uma faixa limitada de temperatura corporal, precisam manter um balanço térmico adequado entre o calor produzido pelos corpos e o calor que eles perdem ou ganham do ambiente em que vivem (OLIVEIRA, 2015a). As instalações suinícolas geram despesas cujo retorno não é tão rápido. O planejamento prévio evitará construções mal dimensionadas e não apropriadas aos animais (NÄÄS, 2000).

O que se verifica em regiões quentes é que, mesmo recorrendo a todas às técnicas do condicionamento térmico natural, a temperatura das instalações costuma ser elevada, tornando necessário promover o resfriamento do ar (ABREU, 2012).

É difícil determinar qual a temperatura exata de conforto de um suíno em relação às variáveis: idade, raça, dieta, manejo e instalações, e, por isso, os estudos sempre se referem a uma zona de conforto. A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo (ESMAY, 1969; OLIVEIRA, 2015b). E, conforme o autor, com temperatura ambiente, abaixo das temperaturas de conforto, o crescimento dos animais torna-se lento (RICO, 2019). Ocorre também nessa situação uma redução na qualidade da carne com o acréscimo de gordura e aumento da espessura de toucinho.

## 2.4 CARACTERÍSTICA DA EDIFICAÇÃO PARA SUINICULTURA

### 2.4.1 Orientação da edificação

O local a ser implantado o sistema de produção de suínos deve ser escolhido com cuidado. As edificações devem ser projetadas visando o maior aproveitamento dos recursos naturais, ao mesmo tempo em que atendam a legislação, quanto às distâncias das fontes de água, dos rios, das estradas e das divisas. O local escolhido deve ser bem drenado e ventilado, elevado e com declividade que facilite o escoamento das águas pluviais e a retirada dos resíduos líquidos (OLIVEIRA, 2004).

Recomenda-se que na construção da edificação a orientação do seu eixo principal em relação à orientação solar, seja o sentido leste-oeste. Essa orientação deve ser realizada por profissional habilitado, tendo o cuidado de determinar o sentido verdadeiro da orientação solar e o ângulo de defasagem em relação à orientação do norte magnético, para o posicionamento correto da edificação em relação ao movimento diário do sol. Devem ser evitados grandes aterros, pois se existentes e não bem executados, poderão causar problemas estruturais nas edificações (OLIVEIRA; FIALHO, 2000).

Em regiões onde o clima é quente na maior parte do ano, as edificações devem ser abertas para propiciar maior ventilação natural. Em regiões onde predomina o clima frio, deve-se proteger a maternidade e a creche com cortinas e forros. Nas demais fases devem-se manter as edificações abertas, somente protegendo os animais dos ventos predominantes no inverno com o uso de cortinas plásticas (OLIVEIRA; SILVA, 2006).

#### 2.4.2 Dimensões das edificações

Para as dimensões (largura e comprimento) das edificações, não há qualquer padronagem, portanto são adotadas as mais variadas combinações. Porém, recomenda-se que a largura não deve ultrapassar 12 m, para facilitar a ventilação natural e evitar problemas com a umidade interna. O comprimento também não deve ultrapassar 100 m para facilitar o manejo e deslocamento interno de resíduos e de animais (OLIVEIRA; SILVA, 2006).

Conforme a literatura o pé-direito dos prédios deve ter altura no mínimo de 2,80 m quando coberto com telhas de barro e 3 m, quando coberto com telhas de fibrocimento, neste caso deve-se usar a cumeeira ventilada, para facilitar a retirada do ar quente do interior das edificações (OLIVEIRA *et al.*, 1993).

O uso de forros ventilados aumenta a resistência térmica da cobertura, reduzindo o ganho de calor provocado pela cobertura no interior da edificação e possibilitando a utilização de pé-direito menor e materiais de cobertura com menor inércia térmica, a exemplo de telhas aluminizadas. Também reduz a perda de calor em condições de frio (OLIVEIRA; SILVA, 2006). Conforme os autores, a superfície (m<sup>2</sup>) prevista nos projetos de construção de edificações para a produção de suínos é classificada em superfície ocupada pelo animal, superfície necessária para os animais exercerem diversas funções e superfície social, que está relacionada ao bem-estar dos animais. A determinação dessas superfícies para obtenção de melhores performances zootécnicas depende do peso dos animais, do tipo de piso das baias, da temperatura ambiente local e do número de animais e do modo de distribuição dos alimentos (OLIVEIRA; SILVA, 2006).

#### 2.4.3 Características das edificações

Segundo Oliveira e Silva (2006), existem os mais variados tipos de estruturas adotadas na construção de edificações para a produção de suínos, podendo-se citar como exemplo: madeira, concreto, alvenaria, pedra e as diferentes combinações desses materiais construtivos. Os principais problemas encontrados na falta de padronização das estruturas são: estabilidade das construções, falta de padronização nas fundações, pilares, vigas, divisórias, tesouras, cobertura, que muitas vezes são executados pelos próprios produtores ou por pessoas não qualificadas; dificuldade de manejo dos animais, devido a pisos com alta rugosidade, portões

executados de maneira incorreta, divisórias com altura fora do padrão recomendado; dificuldades de reformas e/ou ampliações; maior dificuldade de execução, pois em função do uso de mão de obra não especializada, o tempo de construção torna-se muito elevado; exigência de estruturas de madeira para a execução de caixarias, para vigas e pilares em concreto; distância do local da obra em relação às lojas de materiais de construção. Em função do exposto, o uso de estruturas de concreto pré-fabricadas e padronizadas, devido à sua rapidez de execução, evita o desperdício de materiais e problemas construtivos.

## 2.5 ECONOMIA CIRCULAR NA SUINOCULTURA

A fim de auxiliar o desenvolvimento do campo em termos de produção mais eficiente e sustentável inserem-se nesse âmbito as práticas de economia circular. Em contraste com o modelo econômico “*take-make-use-dispose*” amplamente linear (MAAS; GRUNDMANN, 2018), a economia circular “*grow-make-use-restore*” (BARROS, 2019) é um modelo que objetiva manter componentes, materiais e produtos no máximo valor de utilidade, com o propósito de eliminar os resíduos de um sistema (KORMUT’ÁK *et al.*, 2013).

O conceito tornou-se uma das propostas mais recentes para promover o crescimento econômico, ao mesmo tempo em que considera a escassez de matérias-primas e energia, além de ser um novo modelo para negócios em expansão (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2015).

Portanto, a aplicação de técnicas para conforto térmico e aproveitamento de recursos locais (arborização, posicionamento solar ou uso de material), bem como o uso de mão de obra local, podem ser entendidos na cultura da economia circular como adequados. Como na área urbana, fatores importantes para o conforto térmico, condições ambientais, tais como a temperatura, a umidade do ar e ação dos ventos estão relacionados à arborização do local (DUARTE *et al.*, 2018). Assim, pode ser benéfica para os produtores rurais de modo que custos podem ser reduzidos e resíduos podem ser reaproveitados, gerando vantagem competitiva, maior agregação de valor interno dos materiais, autonomia e independência (BARROS, 2019). Para o autor, as práticas de economia circular possuem iniciativas inclinadas em ações de ciclo fechado, que no caso de edificações para suínos podem ser nos materiais e energia, sendo que nesta pesquisa ambos são contemplados.

## 3 METODOLOGIA

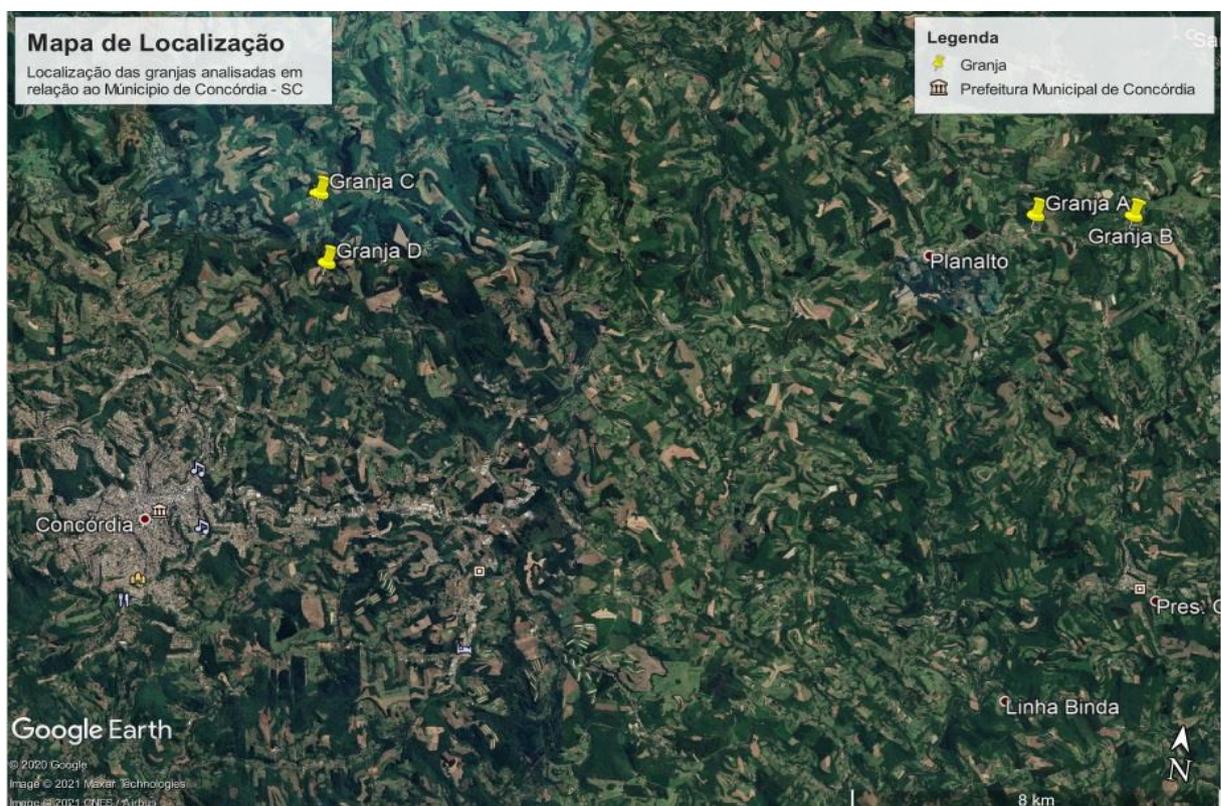
### 3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa realizada é do tipo estudo de campo, muito semelhante com estudo de levantamento. Em termos práticos, o estudo de campo preocupa-se com o aprofundamento das

questões propostas, a partir das variáveis. O planejamento é flexível permitindo que os objetivos sejam reformulados durante a pesquisa. Também, o estudo de campo investiga um grupo ou comunidade em termos de estrutura social, considerando a interação com seus componentes (GIL, 2008). A pesquisa de campo foi de forma predominantemente qualitativa, a partir de coleta de dados na avaliação das temperaturas, características da edificação, ambiente local (arborização, relevo, sombreamento e outras situações que possam influenciar nas temperaturas do ambiente) junto às granjas para produção de suínos. Para avaliar as características da insolação na edificação, os dados foram coletados, também, com uso de *softwares on-line*. As atividades do estudo de campo foram registradas em diário de bordo.

### 3.2 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

O trabalho foi realizado em Concórdia, Santa Catarina, onde o clima da região é temperado. Estudo de avaliação da média nos índices de precipitação para um período de dez anos (2005 a 2015) demonstra que a precipitação média mensal na região é de 2440 mm/ano (AMPESE; REIS; SERRANO, 2018). As edificações estão localizadas em diferentes regiões geográficas do município (Figura 1).



**Figura 1.** Localização das granjas no município de Concórdia (SC).  
Fonte: Os autores (2019).

A execução dessa pesquisa ocorreu a partir da visita técnica em 4 granjas suínolas, com plantas executivas diferentes. Uma era construída com pedra ardósia e as demais de alvenaria convencional - blocos de cerâmica com seis furos, com revestimento interno e externo de alvenaria (Tabela 1). Dentre os quesitos analisados, pode ser destacado: vegetação em torno, área de exposição em torno das granjas suínolas, e suas transferências de calor por condução.

**Tabela 1.** Materiais utilizados nas edificações estudadas

Granja	Material do Envoltório	Material da Cobertura	Fechamentos
A	Tijolos cerâmicos com 6 furos unidos com argamassa; Revestimento interno e externo em concreto; Piso de concreto.	Telha de fibrocimento.	Tela vazada; Lona para proteção de agentes externos.
B	Tijolos cerâmicos com 6 furos unidos com argamassa; Revestimento interno e externo em concreto; Piso de concreto.	Telha de fibrocimento.	Tela vazada; Lona para proteção de agentes externos.
C	Tijolos cerâmicos com 6 furos unidos com argamassa; Revestimento interno e externo em concreto; Piso de concreto.	Telha de cerâmica.	Tela vazada; Lona para proteção de agentes externos.
D	Pedra ardósia nas paredes, ligadas entre elas com argamassa; piso de concreto.	Telha de fibrocimento.	Tela vazada; Lona para proteção de agentes externos.

Fonte: Os autores (2019).

### 3.2.1 Procedimentos de coleta de dados nas edificações

A coleta de dados foi realizada por intermédio de levantamento de variáveis em campo, junto a produtores de suínos em Concórdia (SC). Para a coleta de dados, foi utilizado um instrumento digital com sensores de infravermelho para avaliação da temperatura, preservando a sanidade dos animais. Em visita aos produtores, foram observadas as condições da edificação (sombreamentos, estrutura construtiva, quantidade de animais que a granja comporta e outras), com base na experiência dos pesquisadores, informações da literatura, indicações do *software* para posicionamento solar e informações adquiridas junto aos responsáveis por essas granjas.

Posteriormente, com uso dos equipamentos por sensores (trena e termômetro infravermelho), foram coletados os dados das temperaturas e as medidas da edificação (espessura e área construída). Os dados coletados foram registrados em planilha eletrônica *Microsoft Excel*. Após a realização das medidas referentes às granjas, foram avaliadas a temperatura dos envoltórios às 15 horas, no mês de novembro de 2019.

### 3.2.2 Procedimento de coleta de dados por satélite

A coleta de dados para localização geográfica ocorreu a partir da identificação das coordenadas geográficas, que possibilitou encontrar o ponto onde a edificação foi construída.

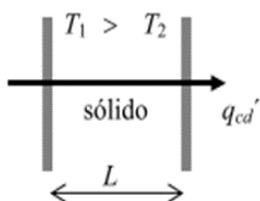
Com esses dados localizados, foi possível avaliar o posicionamento solar com uso de ferramenta para avaliar a curva de radiação solar, desenvolvida para consumidores de energia solar. Depois de analisar os dados coletados, nas granjas, esses foram apresentados em gráfico para comparar as transferências de calor, para que as novas edificações suíncolas possam se apropriar de tecnologias construtivas com melhor desempenho térmico das granjas.

### 3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

Na posse dos dados coletados junto às granjas, registrados nas planilhas eletrônicas, foi realizada análise comparativa entre as faces ensolaradas e sombreadas. Nessa avaliação foi observada a temperatura externa e interna, material, espessura e demais características da edificação. Esses dados foram importantes para realizar os cálculos de transferência de calor por condução.

A transferência de calor na edificação poderia ser avaliada a partir do processo por condução e por radiação, mas devido à preservação da sanidade animal, optou-se por avaliar somente por condução. Esse processo de transferência de calor por condução é calculado a partir das diferenças de temperatura (Equação 01). A condução refere-se ao transporte de energia térmica (calor) em um material (ORDENES; LAMBERTS; GUTHS, 2008). Como coeficiente de condutividade térmica, para cada material, foram utilizados os dados publicados na normativa para construção civil (ABNT, 2003). Portanto, o método possibilita avaliar o calor transferido nos envoltentes sem que haja a intervenção humana com os animais.

Para o cálculo do calor transferido por condução (processo de transferência de calor analisado) nos envoltentes das edificações foi utilizada a Equação 1 (Lei de Fourier).



$$q = \lambda \cdot \left( \frac{T_1 - T_2}{L} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: q - quantidade de calor transferido (W/m<sup>2</sup>); λ - coeficiente de condutividade térmica do material (W/(m.K)); T1 - temperatura da face quente em Kelvin (K); T2 - temperatura da face fria em Kelvin (K); L - espessura da parede em metros (m).

---

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES ESTUDADAS

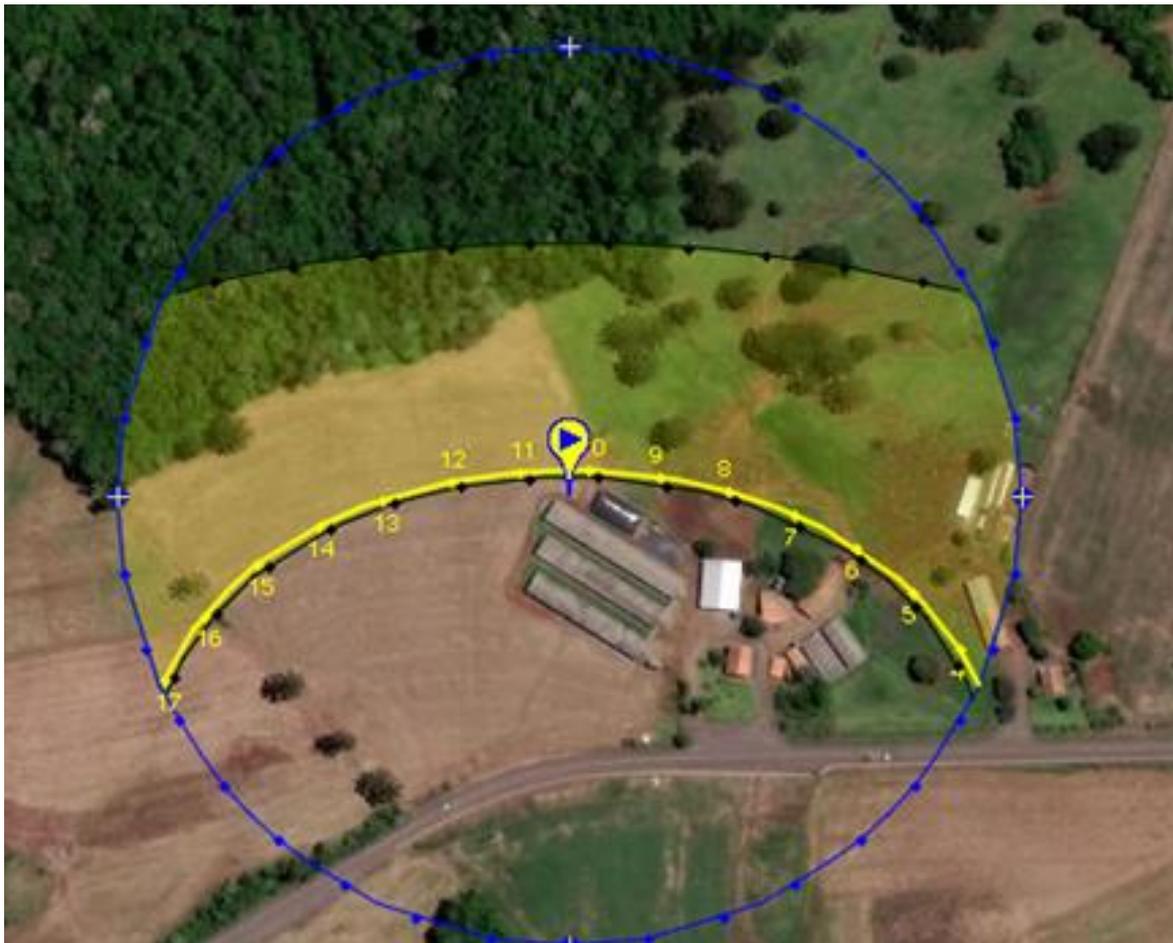
Todas as observações e dados coletados em campo foram registrados em um diário de bordo, que foi utilizado para as demais etapas da pesquisa. As quatro edificações para suínos analisadas nesta pesquisa estão localizadas no perímetro rural, no município de Concórdia (SC). Os dados foram coletados na primeira quinzena de novembro de 2019<sup>4</sup>, a partir de observações das estruturas, posicionamento solar, vizinhanças, a fim de avaliar se há relação com as transferências de calor.

#### 4.1.1 Granja A

A granja possui localização geográfica 27° 09 '07.2 ``S e 51° 50' 35.5 ``W, com extensão de 8,30 m x 67,00 m (largura e comprimento), abrigando 460 suínos adultos em terminação. Nessa edificação foi observada, durante a visita, a ausência de vegetação para sombreamento nos entornos da edificação, deixando a mesma totalmente exposta à incidência da radiação solar (Figura 2).

---

<sup>4</sup> Os registros do diário de bordo foram depositados em *drive* eletrônico. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1NqNOe7nmcix4jbQVh\\_Gh5svfsSgG4xP3/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1NqNOe7nmcix4jbQVh_Gh5svfsSgG4xP3/view?usp=sharing). Acesso em: 26 set. 2020.



**Figura 2.** Posicionamento solar na Granja A.  
Fonte: Os autores (2019).

Além disso, a edificação foi construída contemplando as características do relevo local, contribuindo para que um dos prédios voltados para o norte estivesse em um local de menor altitude; os prédios ao sul, em um local de maior altitude. Essa estratégia adotada no projeto da granja possibilita que a edificação tenha incidência solar em todas as coberturas durante o inverno, que contribui para o conforto térmico em dias frios. Porém, como pode ser observado na Figura 6, a curva da radiação solar no verão proporciona sombreamento na maioria das envolturas, pela própria estrutura das edificações, principalmente na cobertura que apresentou alta transferência de calor ( $5117 \text{ W/m}^2$ ). Todos esses resultados contribuíram para o aumento nos índices de transferência de calor (Tabela 2). Também, a variável que contribuiu para esse resultado foi o fato de não haver presença de vegetação em seus entornos.

#### 4.1.2 Granja B

A granja B possui localização geográfica  $27^\circ 08' 58.9'' \text{ S}$  e  $51^\circ 49' 19.3'' \text{ W}$ , com  $8,30 \text{ m} \times 140,00 \text{ m}$  (largura e comprimento) e abriga 1995 suínos adultos. Nessa edificação foi observada durante a visita a presença de vegetação para sombreamento do tipo caducifólias

(*Hovenia Dulcis*) nos entornos totais da edificação, deixando a mesma totalmente protegida da incidência da radiação solar no verão.



**Figura 3.** Posicionamento solar na Granja B.  
Fonte: Os autores (2019).

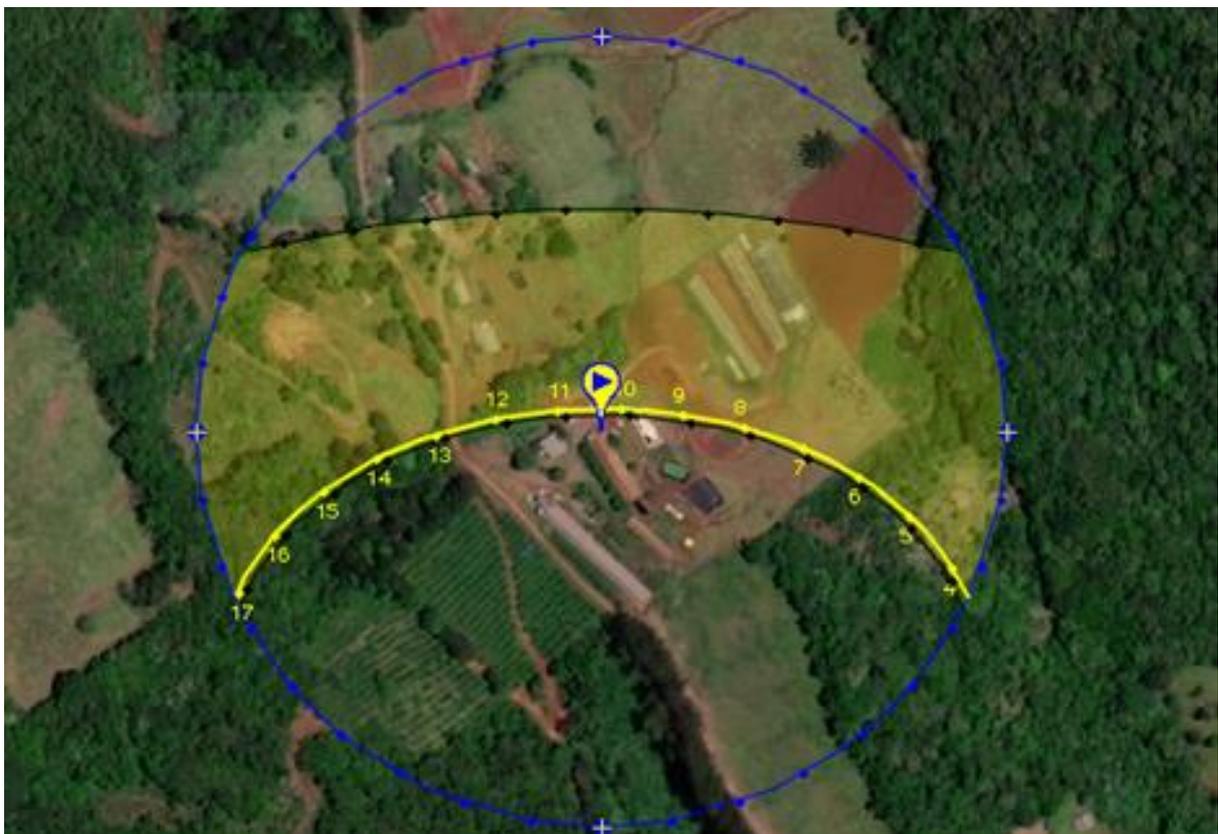
Os dados mostrados no gráfico (Figura 6) indicam que a granja B mostrou os menores índices de transferência de calor em relação à anterior, tanto nos envoltórios como na cobertura. Conforme anteriormente relatado, essa granja apresenta sombreamento por vegetação. A Figura 3 mostra que a área posicionada para a incidência solar (norte) é sombreada por vegetação que está em maior altitude, que a edificação. Nesse sentido, a edificação proporciona maior conforto térmico.

#### 4.1.3 Granja C

A granja C possui localização geográfica 27° 09 '55.2"S e 51° 59' 55.7"W, com 8,50 m x 36,00 m (largura e comprimento) de área construída, abrigando 230 suínos adultos em terminação. A cobertura com telha de cerâmica também pode ter contribuído na redução da transferência de calor. Nessa edificação foi observada durante a visita a ausência de vegetação

na lateral onde existe mais incidência de radiação solar, porém, no outro lado da edificação há presença de vegetação para sombreamento, do tipo caducifólias (*Hovenia Dulcis*).

Quanto à transferência de calor na granja C, das granjas construídas em alvenaria, essa foi a que apresentou menor índice de transferência de calor, tanto nos envoltórios como na cobertura, como demonstrado na Tabela 2. Ao avaliar o posicionamento solar e modo construtivo da granja C (Figura 4), é possível constatar que não há cobertura voltada diretamente para a curva solar e, portanto, não há incidência direta de radiação, reduzindo a transferência de calor. A edificação apresenta sombreamento no lado sul, porém pouco contribui para o conforto térmico.



**Figura 4.** Posicionamento solar na Granja C.  
Fonte: Os autores (2019).

#### 4.1.4 Granja D

A granja D possui localização geográfica  $27^{\circ} 10' 44.8''S$  e  $51^{\circ} 59' 42.2''W$ , com 9,20 m x 98,00 m (largura e comprimento), abrigando 710 suínos adultos em terminação. Nessa edificação foi observada a ausência de vegetação para sombreamento nos entornos, deixando a mesma totalmente exposta à incidência da radiação solar. Os dados mostrados no gráfico da Figura 6 indicam que a granja D (Figura 5) demonstra os maiores índices de transferência de calor no envoltório, sendo ela a única que não foi construída em alvenaria, e sim, de pedra

ardósia. Segundo Castro *et al.* (2013), a transferência de calor pela parede de ardósia é maior que na de alvenaria, em função da constituição do material, uma vez que a ardósia apresenta, em sua composição, partículas mais próximas, facilitando a transferência de calor. A cobertura de fibrocimento também apresentou alto índice de transferência de calor ( $2558 \text{ W/m}^2$ ).

Ao avaliar o posicionamento solar e modelo construtivo na granja D é possível constatar que a estrutura não foi construída diretamente voltada para a curva solar, onde há a maior incidência de radiação, sendo o mesmo caso observado anteriormente na granja C. Com isso, é possível afirmar que além do posicionamento incorreto da edificação, o material de fechamento em pedra ardósia também pode resultar em alto índice da transferência de calor, como pode ser observado na próxima seção.



**Figura 5.** Posicionamento solar na Granja D.  
Fonte: Os autores (2019).

#### 4.2 AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES

O estudo mostrou que o material mais utilizado nas edificações é alvenaria convencional, somente uma delas é pedra do tipo ardósia. As granjas A e D não apresentam paredes sombreadas por vegetação e as granjas B e C não apresentaram parede com incidência solar direta e, conseqüentemente, foram observadas diferenças significativas nos cálculos da transferência de calor nas edificações analisadas. Foi utilizada a equação 01, anteriormente

apresentada, e os coeficientes de condutividade térmica ( $W/(m.K)$ ) apresentados na normativa (ABNT, 2003).

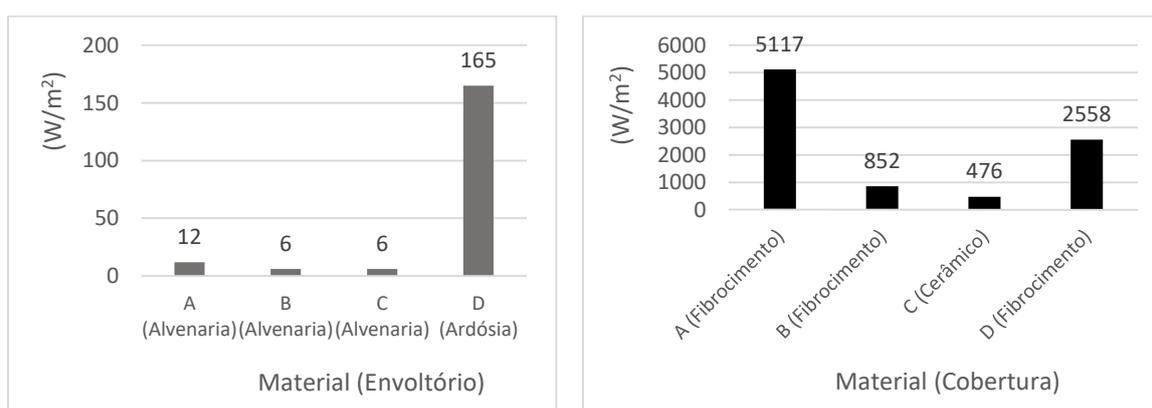
Na Tabela 2, nas últimas colunas, são apresentados os resultados dos cálculos das transferências de calor em  $W/m^2$ . Os dados da tabela mostram que as granjas com incidência solar direta (sem a presença de vegetação) têm maior transferências de calor (A e D), se forem comparadas às granjas onde havia sombreamento por vegetação (B e C).

**Tabela 2.** Condições de conforto térmico (Temperaturas e transferência de calor)

Granja	Material (Envoltório/Cobertura)	Temperaturas dos Envoltórios ( $^{\circ}C$ )			Temperaturas do Telhado ( $^{\circ}C$ )			Coeficiente ( $W/m.K$ )	Espessura (m)	Transferência de Calor ( $W/m^2$ )	
		Interna	Externa	$\Delta T$	Interna	Externa	$\Delta T$			Parede	Telhado
<b>A</b>	Alvenaria/Fibrocimento	28	30	<u>2</u>	32	38	<u>6</u>	0,9	0,15	12	5117
<b>B</b>	Alvenaria/Fibrocimento	24	25	<u>1</u>	29	30	<u>1</u>	0,9	0,15	6	852
<b>C</b>	Alvenaria/Cerâmica	26	27	<u>1</u>	25	27	<u>2</u>	0,9	0,15	6	476
<b>D</b>	Ardósia/Fibrocimento	29	33	<u>4</u>	30	33	<u>3</u>	2,2	0,04	165	2558

Fonte: Os autores (2019).

A Figura 6 (esquerda) mostra o comparativo nas taxas de transferências de calor ( $W/m^2$ ) nos envoltórios ensolarados (A e D) e nos sombreados por vegetação (B e C). Os resultados nos cálculos de transferência do calor nos envoltórios expostos à incidência solar foram significativamente maiores ( $A = 12W/m^2$  e  $D = 165W/m^2$ ) que os envoltórios sombreados por vegetação ( $B = 6W/m^2$  e  $C = 6W/m^2$ ).



**Figura 6.** Comparativo entre as granjas nas transferências de calor nos envoltórios e nas coberturas.  
Fonte: Os autores (2019).

A partir desse resultado é possível afirmar que o sombreamento por vegetação pode reduzir os índices de transferência de calor para o interior da edificação, contribuindo para o conforto térmico (BARTHOLOMEI, 2003) e, conseqüentemente, redução nos custos com climatização. A avaliação nas coberturas (Figura 6, direita) demonstra a influência do sombreamento no calor transferido por esse envoltório. Quanto ao material da cobertura, o

estudo também demonstrou redução para a telha de cerâmica. E, quanto à incidência solar, o posicionamento da granja também influenciou na transferência de calor. Cabe destacar que todos os resultados apresentados são pertinentes à transferência de calor por condução nos materiais dos envoltórios e coberturas.

#### 4.3 MELHORIAS NO CONFORTO TÉRMICO E SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

Algumas modificações garantiriam maior eficiência às granjas:

- Uma das alternativas para a melhoria das condições térmicas existentes nas granjas é o aumento da largura do beiral empregado nessas edificações, resultando no aumento das áreas sombreadas dos envoltórios e, assim, a diminuição da quantidade de raios solares incidentes diretamente nas mesmas. Essa técnica tem se mostrado importante principalmente na área da edificação posicionada para a maior incidência solar (QUEIROZ; WESTPHAL; PEREIRA, 2019).
- Considerando que o ar quente é menos denso que o ar frio, de modo que ambientes fechados normalmente formam uma “camada de ar quente” nos forros ou suas coberturas, uma abertura para saída do ar quente no verão pode proporcionar melhorias na transferência de calor por convecção. Para tanto, considera-se que janelas próximas à coberturas (como os lanternins) podem contribuir com a saída do ar quente do interior da granja, aumentando, então, o nível de conforto térmico (BRITO *et al.*, 2020).
- Uma das formas mais efetivas de resfriamento do ar que pode ser utilizada tanto em instalações abertas como fechadas é o resfriamento adiabático evaporativo, o qual possibilita redução da temperatura ambiente de até 12 °C (ABREU *et al.*, 2012).
- A maioria das granjas apresentou condições apropriadas para a instalação de energia solar fotovoltaica em suas coberturas, como proposto em edificação escolar (REIS; REIS JÚNIOR; PERIN, 2020). Essa mudança pode contribuir para o conforto térmico, resultante do sombreamento das placas, e a sustentabilidade energética da granja (ROSA *et al.*, 2013).
- Outra possibilidade para reduzir a transferência de calor pela cobertura é o uso de pinturas reflexivas (PASSINI *et al.*, 2013).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conforto térmico quando proporcionado aos animais, traz retorno positivo ao sistema de produção. Para isso, as instalações devem ser primorosamente projetadas, para que não se

tornem um problema na criação, permitindo, assim, bem-estar aos animais. Após a investigação das quatro granjas estudadas, são condições fundamentais para reduzir as transferências de calor: a arborização, o posicionamento solar e materiais construtivos. Ambas as condições devem ser consideradas durante a execução do projeto, contribuindo para a sustentabilidade na produção. Cabe destacar que com as exigências de bem-estar animal, deve-se adequar o sistema de construção para atender as necessidades de conforto térmico para os animais.

O desafio que existe, sob estas condições, consta na certeza de um sistema que seja capaz de harmonizar a continuidade desta importante cadeia produtiva, com o uso racional dos recursos naturais, investindo em árvores de sombreamento, por árvores com folhas que “caducam” (não perenes) no período de inverno, como as do tipo caducifólias, proporcionando conforto térmico em todos os períodos do ano.

A literatura sugere, também, outras técnicas que podem ser utilizadas para aumentar o conforto térmico nas edificações, nossa hipótese é que elas poderiam ser aplicadas nessas granjas. Entre elas destaca-se o aumento do beiral da cobertura em áreas ensolaradas, pintura reflexiva nas coberturas e a inclusão de janelas próximas aos forros ou na cobertura (lanternins), que poderiam ser investigadas em pesquisas futuras.

## 6 AGRADECIMENTOS

Essa pesquisa foi produzida *in memoriam* de Carlos Cláudio Perdomo, professor dessa área na Universidade do Contestado, suas publicações (citadas nesse artigo) nos inspiraram a pesquisar sobre o tema.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações Brasil, 2003. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica\\_parte2\\_SET2004.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte2_SET2004.pdf). Acesso em: 20 jan. 2020.
- ABREU, P. G. DE. **Mitigação das condições ambientais visando o conforto, o bem-estar e a saúde de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves (ALICE), 2012. Capítulo 9.
- AMPESE, E. S.; REIS, M. A. F.; SERRANO, A. **Uso de painéis fotovoltaicos como fonte de energia no aproveitamento de água da chuva para uso residencial.** In: ENCONTRO DE CIÊNCIAS EM EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE, 3., 2018, Canoas. **Anais [...].** Canoas: ULBRA, 2018. Disponível em:

<http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/ceds/3eces/paper/viewFile/10802/4995>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BARROS, M. V. **Ferramenta para promover a economia circular em propriedades rurais**. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

BARTHOLOMEI, C. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003.

18

BRIDI, A. M. Efeitos do Ambiente Tropical sobre a Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 1, p. 1-11, 2001.

BRITO, A. N. DOS S. L. DE *et al.* Desempenho térmico de galpões avícolas para frango de corte: revisão sobre os diferentes tipos de coberturas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e474997608, 26 ago. 2020.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas - Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 31 dez. 2004.

CAMPO, J. A. *et al.* Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, v. 55, n. 3, p. 187-193, 2008.

CARVALHO, C. *et al.* Bem estar na suinocultura. **Nutritime**, v. 11, n. 34, p. 2272-2286, 2013.

CARVALHO, L. E.; OLIVEIRA, S. M. P.; TURCO, S. H. N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1486-1491, 2004.

CENTURIÓN, R. A. O. **Ambiente térmico e bem-estar de suínos no período de descanso pré-abate**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2012.

COUTINHO, G. S. *et al.* Conforto térmico e manejo de suínos na maternidade levando em consideração o bem-estar animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 1, p. 3109-3119, 2014.

DUARTE, T. E. P. N. *et al.* Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 327, 29 mar. 2018.

ESMAY, M. **Principles of animal environment**. Michigan: Univ., East Lansing, 1969.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KORMUT'ÁK, A. *et al.* Introgressive hybridization between Scots pine and mountain dwarf pine at two localities of Northern Slovakia. **Ellen Macarthur Foundation**, v. 40, n. 2, p. 201-205, 2013.

LIMA, L. DE C. *et al.* Conforto térmico em espaços abertos no clima quente e úmido: estudo de caso em um parque urbano no Bioma Mata Atlântica. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2,

p. 109-127, abr. 2019.

MAAS, O.; GRUNDMANN, P. Governing Transactions and Interdependences between Linked Value Chains in a Circular Economy: The Case of Wastewater Reuse in Braunschweig (Germany). **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 4, p. 1-29, 2018.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2015.

NÄÄS, I. D. A. **A Influência do meio Ambiente na reprodução das porcas**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 2000. Disponível em: [http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais0009\\_alencar.pdf](http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais0009_alencar.pdf). Acesso em: 15 fev. 2020.

OLIVEIRA, D. C. G. **Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico promovido por diferentes sistemas de resfriamento**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2015a.

OLIVEIRA, D. C. G. **Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico promovido por diferentes sistemas de resfriamento**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2015b.

OLIVEIRA, P. A. V. *et al.* **Suinocultura: noções básicas**. Concórdia: EMBRAPA, 1993. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos; 31).

OLIVEIRA, P. A. V.; FIALHO, F. B. **Declinação solar em função das estações do ano**. Concórdia, 2000.

OLIVEIRA, P. A. V. DE; SILVA, A. P. DA. **As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

ORDENES, M.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. **Transferência de calor na envolvente da edificação. LabEEE**. Florianópolis. Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações, 2008. Disponível em: [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila\\_08.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila_08.pdf). Acesso em: 11 fev. 2020.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. DA; PIEDADE, S. M. S. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 326-332, 2008.

PASSINI, R. *et al.* Intervenção ambiental na cobertura e ventilação artificial sobre índices de conforto para aves de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 333-338, mar. 2013.

PERDOMO, C. C. *et al.* Efeito da ventilação natural e mecânica sobre o desempenho de porcas em lactação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 691-699, abr. 1999.

PERDOMO, C. C.; NICOLAIEWSKY, S. Influência de diferentes edificações sobre o meio ambiente para suínos na época quente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 439-446, 1988.

QUEIROZ, N.; WESTPHAL, F. S.; PEREIRA, F. O. R. **A influência dos elementos de sombreamento e vidros no consumo de energia em climatização e iluminação em edifícios de escritórios.** In: XV ENCAC e XI ELACAC. **Anais [...].** JOÃO PESSOA: 2019.

REIS, M. A. F.; REIS JÚNIOR, P.; PERIN, D. L. Sustentabilidade energética em escola pública. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 37-44, 18 jun. 2020.

RICO, J. C. S. **Condicionamento ambiental em suínos na fase de crescimento e engorda José.** Évora: Universidade de Évora, 2019.

ROSA, C. O. *et al.* Bem-estar animal na produção de aves e suínos: uma análise teórica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 451-466, 2013.

VALE, M. M. DO. **Caracterização e previsão de ondas de calor com impacto na mortalidade de frangos de corte.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008.

XAVIER, K. D. *et al.* Coordenação e eficiência em agriclusters de aves e suínos. **Rama - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 553-566, 2013.