



MANUAL TÉCNICO DO PROJETO **AWARTECH**

Vasco Fitas da Cruz

José Carlos Rico

Diogo Rezende Coelho

MANUAL TÉCNICO DO PROJETO AWARTECH

Vasco Fitas da Cruz

José Carlos Rico

Diogo Rezende Coelho



É expressamente proibido reproduzir, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio gráfico, eletrónico ou mecânico, inclusive fotocópia, este livro.

As transgressões serão passíveis das penalizações previstas na legislação em vigor. Não participe ou encoraje a pirataria eletrónica de materiais protegidos.

O seu apoio aos direitos dos autores será apreciado.

Cofinanciado por:



FICHA TÉCNICA

Título: Manual Técnico do Projeto AWARTEH

Coordenação: Vasco Fitas da Cruz, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

1ª Edição - Évora, abril de 2021

Acabamentos: Publiplanície

ISBN: 978-972-778-193-5

Autores



Vasco Fitas da Cruz

Licenciado em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, Mestre em Produção Animal pelo Instituto Agronómico Mediterrâneo de Zaragoza e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade de Évora, é Professor Associado no Departamento de Engenharia Rural e Diretor da Comissão Executiva e de Acompanhamento do Mestrado em Engenharia Agronómica na Universidade de Évora; e Membro Integrado Doutorado do MED - Instituto Mediterrâneo para Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento. As suas áreas de especialização são as construções rurais, o condicionamento ambiental, o bem-estar animal, as instalações pecuárias e a gestão de resíduos. Foi o coordenador científico do Projeto AWARTECH.



José Carlos Rico

Licenciado em Ciência e Tecnologia Animal e Mestre em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, é aluno de Doutoramento em Ciências Agrárias e Ambientais e bolseiro de investigação na Universidade de Évora; e Membro Integrado não-Doutorado do MED - Instituto Mediterrâneo para Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento. Foi bolseiro de investigação no Projeto AWARTECH na área da Engenharia Rural.



Diogo Rezende Coelho

Licenciado em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa/UFV/Brasil, Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiência, pela Universidade Federal de Viçosa/UFV/Brasil, com período de intercâmbio na Universidade de Évora. As suas áreas de especialização são construções rurais e ambiência animal. Colaborou no Projeto AWARTECH como Consultor Técnico.

Coautores

Rui Charneca

Licenciado em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, Mestre em Produção Animal pela Universidade Técnica de Lisboa e Doutor em Ciências Veterinárias pela Universidade de Évora, é Professor Auxiliar no Departamento de Medicina Veterinária na Universidade de Évora e membro Integrado Doutorado no MED.

Fátima Baptista

Licenciada em Engenharia Agrícola pela Universidade de Évora, concluiu Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica na Área Científica de Construções Rurais / Condicionamento Ambiental pela Universidade de Évora e Doutoramento em Engenharia Rural pela Universidade de Évora (associado o título de Doutoramento Europeu), é Professora Auxiliar com agregação em Ciências Agrárias e Ambientais no Departamento de Engenharia Rural na Universidade de Évora e membro Integrado Doutorado no MED.

Alferedo Pereira

Licenciado em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, Mestre em Medicina Veterinária e Zootecnia Tropicais pela Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa e Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade de Évora, é Professor Associado com agregação em Ciências Veterinárias no Departamento de Zootecnia na Universidade de Évora e Membro Integrado Doutorado do MED.

Elsa Lamy

Licenciada em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, Mestre em Doenças Metabólicas e Comportamento Alimentar pela Faculdade de Medicina de Lisboa e Doutora em Ciências Agrárias pela Universidade de Évora, é Investigadora auxiliar convidada na Universidade de Évora e Membro Integrado Doutorado do MED.

Pedro Salgueiro

Licenciado em Engenharia Informática, Mestre em Engenharia Informática e Doutor em Engenharia Informática pela Universidade de Évora, é Professor auxiliar no Departamento de Informática na Universidade de Évora e Membro Colaborador da NOVALINCS - NOVA Laboratory for Computer Science and Informatics.

Catarina Martins

Licenciada em Ciência e Tecnologia Animal e Mestre em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, foi Bolseira de Investigação no Projeto AWARTECH na área de Zootecnia.

Teresa Morgado

Licenciada em Engenharia Zootécnica e Mestre em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora, é aluna de Doutoramento em Ciências Agrárias e Ambientais na Universidade de Évora e Membro Integrado não-Doutorado do MED. Foi Bolseira de Investigação no Projeto AWARTECH nas áreas de Engenharia Rural e Zootecnia.

David Botas

Licenciado em Engenharia Mecatrónica, Mestre em Engenharia Mecatrónica pela Universidade de Évora e Pós-Graduado em Engenharia Zootécnica pela Universidade de Évora. Colaborou no Projeto AWARTECH como responsável técnico da empresa Equiporave Ibérica.

Prefácio

A crescente preocupação pública com as questões relacionadas com a cadeia agroalimentar obriga à adoção de práticas de produção que sejam socialmente aceites, tendo como principal objetivo a sustentabilidade dos sistemas de produção através da segurança dos produtos, da preservação ambiental e do bem-estar dos animais e de todos os intervenientes no processo.

As condições ambientais a que os animais são sujeitos ao longo do seu processo produtivo podem causar grande impacto no bem-estar animal, nomeadamente no que respeita a dificuldades na manutenção do equilíbrio térmico com o ambiente que o rodeia e na expressão de comportamentos naturais, o que influencia significativamente o seu desempenho produtivo. Este impacto é apontado com maior evidência em alguns sistemas de produção, particularmente aqueles que envolvem suínos e aves, geralmente produzidos em sistemas intensivos, caracterizados por acelerados ritmos de produção e elevadas densidades animais.

Neste sentido, as instalações pecuárias e os seus equipamentos devem proteger os animais de condições ambientais externas adversas, proporcionando níveis apropriados de temperatura, humidade e concentração de gases, conseguidos através de uma correta ventilação e, se necessário, pela adoção de sistemas de aquecimento e de arrefecimento.

Surge assim a possibilidade da utilização de ferramentas de zootecnia de precisão na monitorização dos parâmetros ambientais. No entanto, esta monitorização não se deve limitar apenas a estes parâmetros, devendo ser também realizada sobre aspetos como os níveis de produção e estado sanitário, bem como sobre as condições de bem-estar a que o animal está sujeito tendo por base, sempre que possível, informação providenciada pelo próprio animal.

O surgimento da IoAT (Internet of Animal Things), conjuntamente com os sistemas de BigData, veio proporcionar que elevados números de registos obtidos pelos sistemas de monitorização possam, hoje, ser devidamente armazenados e manipulados, permitindo avançar para ações de controlo, originando emissão de alertas e de atuação, em tempo real.

Évora, abril de 2021

Vasco Fitas da Cruz

Índice

1. Nota de Apresentação..... 1

Vasco Fitas da Cruz, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

2. Notas sobre Condicionamento Ambiental.. 3

Vasco Fitas da Cruz, Fátima Baptista, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

Parâmetros ambientais interiores 3

Temperatura do ar 3

Humidade relativa..... 6

Velocidade do ar 7

Luminosidade e nível de ruído 7

Qualidade do ar 8

Sistemas de climatização..... 9

Ventilação 10

Aquecimento 12

Arrefecimento 13

Bibliografia 15

3. Notas sobre Bem-estar animal de suínos em fase de crescimento e engorda 18

Rui Charneca, Alfredo Pereira, Elsa Lamy, Vasco Fitas da Cruz, Catarina Martins e Teresa Morgado

Conceito de Bem-estar animal..... 19

Avaliação do Bem-estar animal..... 22

Indicadores comportamentais 23

a) Comportamento alimentar e de abeberamento	23
b) Comportamento social.....	25
c) Comportamento exploratório	28
d) Comportamento associados com a postura e locomoção	28
Indicadores fisiológicos.....	29
a) Temperatura interna e superficial.....	30
b) Cortisol.....	31
c) Alfa-amilase.....	33
Indicadores produtivos.....	34
Bibliografia	35

4. Sistemas de Monitorização 40

Vasco Fitas da Cruz, Fátima Baptista, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

Monitorização dos parâmetros ambientais	40
Temperatura.....	41
Humidade.....	41
Velocidade do ar	41
Concentração de gases	42
Radiação.....	43
Luminosidade	43
Monitorização dos parâmetros fisiológicos	44
Temperatura da superfície corporal	44
Taxa de respiração	45
Variação do peso corporal	45
Monitorização dos parâmetros comportamentais	47

Alimentação e consumo de água.....	47
Comportamento animal, presença e atividade.....	48
Índice de ocupação de espaço	49
Pequena nota sobre Controlo, alerta e atuação	49
Bibliografia	51

5. Projeto AWARTECH 55

Vasco Fitas da Cruz

Nota introdutória.....	55
Descrição do problema.....	56
Definição dos Objetivos.....	60
Conceito e solução proposta	61
Bibliografia	63

6. Etapas do Projeto AWARTECH 64

Vasco Fitas da Cruz, Rui Charneca, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

Instalação Experimental (<i>small-lab</i>).....	64
Metodologia	64
a) Instalações.....	64
b) Animais	66
c) Procedimentos Experimentais	69
d) Procedimentos no Matadouro	70
e) Recolha de dados.....	71
Resultados	77
a) Microclima interior.....	77
b) Produtivos	79

c) Carcaça	81
d) Fisiológicos	81
e) Comportamentais	82
Exploração Comercial (<i>living-lab</i>)	83
Metodologia	84
a) Instalações.....	84
b) Animais	85
c) Procedimentos Experimentais	86
d) Recolha de dados.....	87
Resultados	88
a) Microclima interior.....	88
b) Produtivos	88
Bibliografia	89
7. Plataforma Awartech Smart Sensing	90
Vasco Fitas da Cruz, Pedro Salgueiro, José Carlos Rico, Diogo Rezende Coelho e David Botas	
Operacionalidade	90
Visualizações	91
Atuação	96
Benefícios	97
8. Considerações finais	98
Equipa de projeto	103
Agradecimentos	105

1. Nota de Apresentação

Vasco Fitas da Cruz, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

Perante a necessidade de mensurar e avaliar um conjunto de variáveis inerentes a uma exploração pecuária e prever o seu impacto no bem-estar animal e nos resultados económicos, um consórcio liderado pela empresa Equiporave Ibérica Lda., contando com a participação da Universidade de Évora e da empresa Hexastep S.A., identificou a inexistência de uma ferramenta (algoritmo) que acomodasse, em simultâneo, o controlo ambiental versus otimização da produção em tempo real e que permitisse desenvolver modelos de simulação e de predição de suporte à tomada de decisão. No sentido de superar esta lacuna, surgiu o Projeto AWARTECH, projeto de I&DT, Empresas em Copromoção, ALT20-03-0247-FEDER-017962, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional no âmbito dos Programa P2020 e A2020.

O Projeto AWARTECH tomou como estudo de caso a produção de suínos em fase de crescimento e engorda. O seu principal objetivo foi desenvolver uma ferramenta de zootecnia de precisão (aplicação dos princípios tecnológicos e processos de engenharia na gestão pecuária) que contribuísse, através de soluções de gestão assentes na monitorização, análise e controlo dos parâmetros ambientais, fisiológicos, comportamentais e produtivos para a sustentabilidade da produção animal. O carácter inovador do Projeto AWARTECH residiu na utilização de tecnologias de “smart-sensing” que, através de uma rede de sensores inteligentes, recolhem continuamente e em tempo real, dados associados aos animais e ao microclima interior das instalações pecuárias, atuando, também em tempo real, sobre os equipamentos de condicionamento ambiental, tendo por base informações providenciadas pelos próprios animais.

No final do projeto entendeu a equipa da Universidade de Évora produzir este manual onde, numa primeira parte, se faz uma pesquisa documental sobre o estado da arte dos sistemas de condicionamento ambiental mais utilizados nas

instalações dedicadas à produção de suínos em fase de crescimento e engorda e sobre a avaliação das condições de bem-estar, não esquecendo a sua monitorização. Na segunda parte, além de se descreverem as metodologias utilizadas no projeto, apresentam-se também os seus principais resultados e conclusões.

Espera-se assim, que este manual possa contribuir para a divulgação do conhecimento produzido no âmbito do projeto AWARTECH. É também ambição dos seus autores que o mesmo seja aceite como uma referência bibliográfica a ser utilizada no âmbito do ensino de matérias relacionadas com o Bem-Estar Animal, as Instalações Pecuárias e a Zootecnia de Precisão.

2. Notas sobre Condicionamento Ambiental

Vasco Fitas da Cruz, Fátima Baptista, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

O porco na fase de crescimento e engorda, a par de necessidades de índole nutricional e sanitárias, apresenta alguns requisitos para que a sua produtividade seja otimizada. A utilização de ferramentas de engenharia no controlo do ambiente tem como objetivo proporcionar condições ambientais que promovam adequados níveis de produtividade e de bem-estar animal (Cruz, 1997; Babot e Revuelta, 2009).

Para que seja possível adequar o ambiente térmico de uma instalação é necessário compreender quais as variáveis ambientais que existem no seu interior e que ferramentas as permitem manusear (Koenders et al., 2015).

Parâmetros ambientais interiores

Os fatores ambientais, tais como a temperatura, humidade relativa, velocidade do ar e concentração de gases possuem uma elevada influência sobre os animais, com impacto no seu *status* comportamental, fisiológico e imunológico (Cruz, 1997).

Temperatura do ar

De acordo com Cruz e Baptista (2006), os animais são uma constante fonte de calor sensível e latente, contribuindo para a alteração do valor da temperatura interior de uma instalação.

O suíno, como ser homeotérmico que é, mantém a sua temperatura interna dentro de limites estreitos quando ocorrem variações de temperatura ambiente

(Cossins e Bowler, 1987). De acordo com estes autores, esta manutenção da temperatura corporal é conseguida através da termorregulação: mecanismo responsável por assegurar o equilíbrio dinâmico entre o calor produzido pelo organismo (termogénese) e cedido ao meio ambiente (termólise).

O intervalo de temperaturas ambientais onde o animal é capaz de manter a sua temperatura corporal, independentemente da temperatura ambiente, é designada por zona de homeotermia (Babot e Revuelta, 2009). Temperaturas acima ou abaixo dos seus limites causam situações de hipertermia ou hipotermia, respetivamente.

Dentro da zona homeotérmica existe a zona de termoneutralidade (TNZ). Esta zona define-se como a zona de temperaturas ambientais onde, para um determinado nível alimentar, a produção de calor é mínima, constante e independente da temperatura do ar, ou seja, é o intervalo de temperaturas em que o calor produzido pelo animal é mínimo (Babot e Revuelta, 2009; Cruz, 1997; Hillman, 2009). A TNZ apresenta como limites a temperatura crítica inferior (tci) e a temperatura crítica superior (tcs).

De acordo com Cruz e Baptista (2006), para uma determinada espécie, a definição das temperaturas críticas e, conseqüentemente, da zona de termoneutralidade é função da conjugação de diversos fatores, tais como: a raça, o sexo, o peso corporal, a densidade animal, o nível energético da alimentação, a velocidade do ar sobre o animal e o tipo de pavimento.

Dentro da TNZ, a qualquer variação da temperatura ambiente corresponde, um ajustamento no equilíbrio termogénese-termólise (Cruz, 1997).

Quando o limite inferior da TNZ (tci) é ultrapassado, os mecanismos que regulam as perdas de calor também o são, pelo que a homeotermia é mantida através do aumento da produção de calor. Se os mecanismos ligados à termogénese são ultrapassados devido ao contínuo decréscimo da temperatura, não é possível manter a homeotermia entrando o animal em hipotermia. Por outro lado, quando o limite superior (tcs) é ultrapassado, resultante do aumento da temperatura ambiente, os mecanismos homeotérmicos ligados à termólise e à

termogênese entram em desregulação, verificando-se um acréscimo de produção de calor que conduz a que o animal entre em hipertermia.

De acordo com Cruz (1997), a produção de calor resulta para além de reações bioquímicas, da atividade voluntária dos animais (locomoção, alimentação, etc.) que origina despesas energéticas provenientes do trabalho muscular. Por outro lado, as condições climáticas possuem também uma elevada influência na produção de calor pelo animal, o qual é resultante dos processos metabólicos associados à manutenção e utilização dos alimentos (Henken et al., 1993).

As perdas de calor processam-se por duas vias: via sensível e via latente, sendo estas aditivas (Cossins e Bowler, 1987). Neste sentido, as perdas totais de calor resultam da sua soma.

Os mecanismos de transferência de calor sensível recorrem a três processos: condução, convecção e radiação. De acordo com Stone e Heap (1982), estes seguem as leis normais da física, ou seja, ocorre um fluxo de calor da zona de maior energia cinética para a zona de menor energia cinética. Como as perdas de calor sensível dependem em grande parte do gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente, à medida que ambas se aproximam, por aumento da temperatura ambiente, o fluxo de calor sensível vai diminuindo. Assim, de modo a manter a temperatura corporal, o animal vê-se limitado à utilização da via latente para aumentar as suas perdas de calor (Cruz, 1997).

Segundo Meneses (1985), as trocas de calor latente classificam-se em cutâneas (ocorrem ao nível da pele) e respiratórias (ocorrem ao nível do trato respiratório). No entanto, de acordo com Cruz (1997), como o suíno não possui glândulas sudoríparas funcionais, recorre a dois processos básicos para a libertação de calor por via cutânea: a perspiração, ou passagem de água através da pele, e a evaporação de água proveniente dos dejetos líquidos ou de outra existente sobre os pavimentos em que se deitam. Devido à espessa camada de gordura subcutânea, o porco em situações de altas temperaturas é das espécies animais com menores perdas de água através da pele (Ingram, 1965), pelo que o

segundo processo referido (evaporação) se torna dominante nestas condições de temperaturas (Meneses, 1985).

As perdas de calor por via respiratória ocorrem porque o ar ao ser inalado vai aquecendo e absorvendo vapor de água, o qual é libertado através das mucosas que, ao ser expirado, sai com maior quantidade de vapor de água e maior temperatura do que o ar inspirado. Este tipo de perdas de calor depende de diversos fatores, tais como o ritmo respiratório, o volume de ar inspirado e a humidade do ar (Stone e Heap, 1982).

Visto que aquilo que se procura para os alojamentos é a situação de equilíbrio térmico, existem diferentes estudos que recomendam temperaturas situadas entre 15 e 25°C (dentro da zona de termoneutralidade) como o intervalo de temperaturas ambientais onde o suíno, em fase de crescimento e engorda, pode maximizar, de forma geral, as suas performances zootécnicas (Babot e Revuelta, 2009; Morrow-Tesch et al., 1994).

Humidade relativa

De acordo com Albright (1990), a humidade relativa refere-se à relação entre a humidade absoluta do ar e a humidade absoluta do ar saturado para a mesma temperatura, obtida em percentagem. Este valor define o estado de secura do ar.

Trata-se de um parâmetro climático importante, uma vez que a concentração de humidade a níveis elevados é prejudicial para a saúde e conforto dos animais alojados, bem como para os intervenientes no processo de produção. Elevados teores de humidade favorecem o desenvolvimento de microrganismos nas superfícies das instalações e equipamentos, que podem aumentar a frequência e severidade de certas doenças, tais como o reumatismo e algumas do foro respiratório (Baêta e Souza, 2010)

Deste modo, o teor de humidade deve ser mantido a níveis inferiores dos limites críticos. No entanto, a primeira dificuldade surge em definir este valor,

uma vez que ele depende de fatores como a espécie animal, a sua fase de produção e da temperatura ambiente (Cruz e Baptista, 2006). De acordo com Babot e Revuelta (2009), aceita-se como valor máximo de teor de humidade os 80% e os 40% como valor mínimo. No caso de suínos em engorda, foram sugeridos por diversos autores diferentes valores ótimos de humidade relativa que se encontram dentro do intervalo de 50% a 70% (Cruz e Baptista, 2006; Salvador e Vidal, 2004).

Velocidade do ar

A velocidade do ar é um parâmetro importante e que carece de alguma preocupação, principalmente na situação de Inverno, devendo-se evitar que o ar frio vindo do exterior incida diretamente sobre os animais, o que aumenta as suas perdas de calor e também os riscos de ocorrência de pneumonias (Stärk, 2000). Por outro lado, durante o Verão, o ar pode ser dirigido diretamente para os animais, aumentando desta forma as trocas de calor por convecção, o que se traduz numa sensação de frescura para os animais (Cruz e Baptista, 2006).

Os valores aceitáveis para a velocidade do ar dependem principalmente da temperatura exterior e interior. De acordo com Cruz e Baptista (2006), os valores máximos durante o Inverno devem ser de 0,1 m/s em leitões e de 0,2 m/s em porcos adultos. Por outro lado, durante o Verão este valor pode exceder os 0,4 m/s, em porcos adultos.

Luminosidade e nível de ruído

Uma luminosidade adequada deve permitir que se realizem todas as tarefas dentro da instalação. Segundo o Decreto-lei 135/2003, de 28 de junho, os suínos não devem ser mantidos permanentemente na obscuridade, devendo ser expostos a uma luz com uma intensidade de pelo menos 40 lux (abaixo dos 20 lux o suíno apresenta dificuldades em encontrar alimento e água), durante um período mínimo de oito horas por dia. A importância destes valores, cujo

cumprimento é de carácter obrigatório, demonstra a dependência que os suínos, a fim de satisfazerem as suas necessidades comportamentais e fisiológicas, apresentam dos níveis de luminosidade (Martelli, 2015).

Por norma, os parâmetros utilizados para medir o ruído das instalações são o nível de pressão sonora e a frequência em que é emitida (Düpjan et al., 2008). Referente a estes parâmetros é de salientar que são influenciados pelos equipamentos presentes na exploração, principalmente os de ventilação (Manteuffel et al., 2004). Em Portugal, segundo o Decreto-lei 135/2003, de 28 de junho, nos alojamentos para suínos devem ser evitados ruídos constantes ou súbitos de níveis iguais ou superiores a 85 dB.

Qualidade do ar

Os principais fatores que influenciam a acumulação de gases no interior das instalações pecuárias são as reduzidas ou incorretas taxas de ventilação do ar (Baêta e Souza, 2010), elevadas densidades animais, falta de higiene (aglomeração de fezes e urina nos pisos) e deficientes sistemas de remoção de dejetos (Barcellos et al., 2008).

A qualidade do ar nos sistemas intensivos de produção está diretamente relacionada com o metabolismo dos suínos, que libertam calor, humidade e dióxido de carbono (CO_2) provenientes da respiração (Sampaio, 2004). A composição da dieta é um fator que influencia as quantidades e os tipos de gases emitidos (Aarnink, 2007), uma vez que os dejetos depositados, resultantes do processo digestivo, também libertam gases capazes de provocar desconforto humano e animal, nomeadamente amoníaco (NH_3), gás sulfídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). Existem ainda outros gases que se apresentam em quantidades residuais e que normalmente não são considerados limitantes para a produção (Baêta e Souza, 2010).

Este parâmetro tem tido cada vez maior importância na análise do bem-estar dos animais no interior das instalações pecuárias, uma vez que elevadas concentrações de alguns destes gases podem ser tóxicas.

Em Portugal, segundo o Decreto-Lei 135/2003, de 28 de junho, as concentrações de gases nocivos devem ser mantidas dentro dos limites que não sejam prejudiciais para os animais. Estes limites foram estabelecidos pela CIGR (*Commission Internationale du Génie Rural*), que recomenda que as concentrações dos gases mais comuns ao ambiente de suínos não devem exceder os 3000 ppm no caso do CO₂, 20 ppm para o NH₃, 10 ppm para CO e 0,5 ppm para H₂S (Sampaio et al., 2006).

Sistemas de climatização

Alguns sistemas de produção animal requerem um condicionamento ambiental apropriado, de modo a maximizar o bem-estar e a produtividade dos animais e prolongar a vida útil das infraestruturas.

Com o condicionamento ambiental pretende-se adequar os valores dos parâmetros climáticos interiores às necessidades dos animais. Este é efetuado através de sistemas de climatização: ventilação (natural ou mecânica), aquecedores para condições de frio e equipamentos de arrefecimento para condições de altas temperaturas (Baêta e Souza, 2010; Fournel et al., 2017).

Os equipamentos utilizados em condicionamento ambiental são idealizados para o manuseamento das variáveis ambientais como a temperatura, humidade, velocidade e qualidade do ar. Para controlar eficazmente as condições ambientais dentro da instalação, as taxas de ventilação e necessidades de aquecimento ou arrefecimento são determinadas com base no balanço térmico e no balanço de massa (Baêta e Souza, 2010; Fournel et al., 2017).

Os sistemas de climatização devem ser corretamente desenhados em função da localização da instalação, da espécie animal e da sua fase de produção,

pois desta forma é possível baixar os consumos energéticos necessários na climatização das instalações (Navas et al., 2010).

Ventilação

Cruz e Baptista (2006) afirmam que, a ventilação é uma das técnicas de controlo ambiental mais importante na determinação das condições ambientais no interior de instalações pecuárias.

Para projetar um sistema de ventilação torna-se fundamental ter em consideração todos os fatores que contribuem para a definição das condições ambientais no interior de uma instalação pecuária, nomeadamente:

- (i) as condições climáticas exteriores;
- (ii) as características do efetivo pecuário;
- (iii) as características da construção e do equipamento de condicionamento ambiental (Cruz e Baptista, 2006).

Um sistema de ventilação tem como principal objetivo renovar o ar no interior de uma instalação pecuária, o que interfere com outros fatores ou parâmetros ambientais. Neste sentido, para que sejam criadas as condições adequadas aos animais através do controlo ambiental, torna-se imprescindível um controlo efetivo e equilibrado do caudal de ventilação e uma adequada distribuição do ar no interior da instalação (Puigdomènech et al., 2009). Para que um sistema de ventilação seja eficaz, a quantidade de ar que entra no interior de uma construção deve ser a adequada, bem como a sua distribuição, uniforme (Cruz e Baptista, 2006).

De acordo com Cruz e Baptista (2006) e Puigdomènech et al., (2009), um sistema de ventilação bem dimensionado permite satisfazer os três grandes objetivos da ventilação:

- (i) controlo da temperatura;
- (ii) controlo da humidade relativa;

(iii) controlo da concentração de gases e poeiras.

Nas instalações destinadas ao alojamento de animais a taxa de ventilação é fundamentalmente determinada em situações de tempo quente (Verão) e de tempo frio (Inverno). Deste modo, é possível considerar duas situações completamente distintas e três objetivos em comum (Cruz e Baptista, 2006).

A ventilação pode ser natural (estática) ou forçada (mecânica). De acordo com Cruz e Baptista (2006), pode não existir diferença na qualidade do ar por ventilação natural ou forçada, sendo que a única diferença está nas forças que originam os dois tipos de ventilação.

A ventilação natural é baseada na formação de correntes de ar e diferenças de pressão e temperatura entre o ar exterior, frio e seco, e o ar interior, quente e húmido (Puigdomènech et al., 2009). Ou seja, na ventilação natural são usadas forças naturais como o vento e a impulsão térmica.

Segundo Cruz e Baptista (2006), o dimensionamento e a localização das áreas de ventilação devem ter em conta os princípios físicos da ventilação natural, de modo a aproveitar a ocorrência de diferenças de pressão através dessas aberturas.

Na ventilação forçada, a velocidade de entrada e saída do ar na instalação pode ser muito superior às conseguidas por ventilação natural (Puigdomènech et al., 2009). Este tipo de ventilação pode ocorrer por injeção (pressão) ou por extração (pressão negativa). Na figura 1 apresentam-se alguns equipamentos de ventilação.



Figura 1 - A: extratores verticais; B: ventiladores transversais (Fonte: Material didático ERU10432)

Aquecimento

Em muitas instalações pecuárias, tais como pavilhões de suínos, quando o calor produzido pelos animais é insuficiente para manter a temperatura ambiente pretendida, torna-se necessário recorrer, de forma contínua ou em algumas horas do dia, a alguns equipamentos destinados ao aquecimento do ar (Baêta e Souza, 2010).

A necessidade de instalar sistemas de aquecimento em explorações suinícolas está relacionada com as características fisiológicas dos animais, as quais determinam as suas exigências térmicas. Desta forma, é importante ter em consideração que nem todos os animais alojados numa instalação pecuária apresentam as mesmas necessidades térmicas. Um dos fatores que pode tornar imprescindível a utilização de sistemas de aquecimento, é a presença de leitões, cujas necessidades térmicas são mais elevadas e possuem uma capacidade adaptativa menor (Blanes-Vidal e Torres, 2009).

O aquecimento pode ser localizado ou geral. Esta distinção tem uma elevada importância nos pavilhões de suínos, uma vez que nas maternidades coabitam, em simultâneo, os leitões e as suas progenitoras (Blanes-Vidal e Torres, 2009). Desta forma, a necessidade de criar dois ambientes totalmente distintos, leva a que os sistemas de aquecimento assumam um papel de extrema importância na sobrevivência e na otimização das performances produtivas dos animais.

Os sistemas de aquecimento mais utilizados em instalações para suínos são os sistemas convencionais, tais como: o aquecimento por radiação (lâmpadas infravermelhas) e através de tapetes de aquecimento, no caso dos leitões; e o aquecimento por convecção (figura 2) do ar interior, no caso dos animais em fase de crescimento e engorda (Blanes-Vidal e Torres, 2009).



Figura 2 - Sistema de aquecimento por convecção através de gás (Fonte: Elaboração própria)

Uma vez que os custos inerentes a estes sistemas de aquecimento se tornam dispendiosos, outros sistemas foram estudados para aplicar em pavilhões destinados ao crescimento e engorda. Um sistema alternativo é o pavimento aquecido (Cruz, 1997; Xiong, 2013), que consiste numa rede de tubos de água, colocados ao nível do solo, que funciona como permutador de calor.

Outras estratégias para a redução dos custos energéticos podem passar pela: (i) melhoria do isolamento térmico do alojamento, de forma a reduzir as perdas de calor (Blanes-Vidal e Torres, 2009); e/ou (ii) implementação de painéis solares como fonte de energia.

Arrefecimento

Quando o objetivo de interferir no ambiente natural é impedir o stress térmico dos animais, vários métodos podem ser utilizados, como por exemplo a ventilação, o arrefecimento de elementos da construção como a cobertura, o arrefecimento do próprio animal ou o arrefecimento do ar ambiente (Baêta e Souza, 2010).

Os suínos são animais bastante sensíveis ao calor. Neste sentido, os sistemas de arrefecimento tornam-se importantes de forma a evitar uma quebra no rendimento produtivo. O principal objetivo do arrefecimento prende-se em extrair o excesso de calor do interior da instalação de modo a evitar que a

temperatura aumente e atinja valores acima da uma temperatura aceitável para animais (Blanes-Vidal e Torres, 2009).

Os métodos convencionais de arrefecimento do ar (bombas de calor) são dispendiosos. Neste sentido, os sistemas de arrefecimento evaporativos (*evaporative cooling*), apresentam-se como sistemas alternativos e de menor custo (Baêta e Souza, 2010; Cruz, 1997). Geralmente, durante este processo não existe adição de calor externo e por isso o conteúdo total de calor não varia. Aquilo que se verifica é uma transferência de calor sensível para calor latente.

Devido a estes mecanismos de transferência de calor, ocorre uma alteração dos parâmetros ambientais resultante da mudança de estado da água e da variação da temperatura na mistura de ar húmido, o que melhora consideravelmente as condições de conforto, principalmente para animais como o suíno, que não possuem glândulas sudoríparas funcionais (Baêta e Souza, 2010). O principal inconveniente nestes sistemas é que, devido à adição de água ao meio, a humidade relativa pode aumentar em demasia, atingindo níveis prejudiciais à saúde dos animais (Blanes-Vidal e Torres, 2009).

O sistema de arrefecimento evaporativo do ar pode ser conseguido de dois métodos (Cruz, 1997):

- (i) por painéis de evaporação;
- (ii) por sistemas mistos ou de nebulização.

Nos painéis de evaporação o contacto do ar com a água ocorre através de um painel situado nas entradas de ar do sistema de ventilação (Blanes-Vidal e Torres, 2009).

O sistema de nebulização (figura 3) consiste em transformar uma determinada massa de água em gotículas e na sua pulverização a alta pressão, o que conduz a um aumento da superfície de água exposta ao ar, possibilitando uma evaporação mais rápida (Baêta e Souza, 2010; Blanes-Vidal e Torres, 2009). Este processo consome energia o que, conseqüentemente, conduz a uma diminuição da temperatura. Os sistemas de nebulização podem ser utilizados em

sistemas de ventilação natural ou em conjunto com a ventilação forçada, possibilitando deste modo uma distribuição homogênea das gotículas (Baêta e Souza, 2010).



Figura 3 - Sistema nebulização (Fonte: <http://www.agriexpo.online/pt/>)

De acordo com Cruz (1997), a eficiência de qualquer um dos sistemas de arrefecimento evaporativo é tanto maior quanto maior for a temperatura e mais seco for o ar. Desta forma, estes sistemas são mais utilizados em climas quentes e secos (Blanes-Vidal e Torres, 2009), como os verificados no nosso país na época de Verão. Assim, não será de esperar que com estas condições, o teor de humidade no interior das instalações alcance valores que possam prejudicar os animais.

Bibliografia

- Aarnink, A. J. A., & Verstegen, M. W. A. (2007). Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science*, 109(1-3), 194-203.
- Albright, L. (1990). *Environment control for animals and plants*. St. Joseph, Michigan: Pamela De Vore-Hansen.
- Babot, D. & Revuelta, M. (2009). Necessidades Funcionales. In *Ganado Porcino: Diseño de alojamentos e instalaciones*. Ed. Grupo Asis Biomedica, S.L., ch:2, 38-69. Zaragoza: Servet editorial.
- Baêta, F.C. & Souza, C.F. (2010). *Ambiência em Edificações Rurais: Conforto Animal*. Viçosa, Mg; Brasil: UFV.

- Barcellos, D. E. S. N. D., Borowski, S. M., Gheller, N. B., Santi, M., & Mores, T. J. (2008). Relação entre ambiente, manejo e doenças respiratórias em suínos. *Acta scientiae veterinariae. Porto Alegre*.
- Blanes-Vidal, V. & Torres A.G., (2009). Diseño y evaluación de la calefacción y de la refrigeración. In *Ganado Porcino: Diseño de alojamientos e instalaciones*. Ed. Grupo Asis Biomedica, S.L., ch:5, 148-215. Zaragoza: Servet editorial.
- Broom, D. M., & Molento, C. F. M. (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – revisão. *Archives of Veterinary Science*, 9(2), 1–11.
- Cossins, A. R. & Bowler, K. (1987). Body temperature in tachymetabolic animals. In *Temperature Biology of Animals*. Ed. Chapman and Hall., ch:4, 98-152. New York, USA.
- Cruz, V. F. (1997). *Influência da estação do ano sobre as performances do porco em fase de crescimento e acabamento. Sua relação com a densidade de alojamento e a concentração energética da dieta*. (Tese de Doutorado. Universidade de Évora, Évora).
- Cruz, V.F. & Baptista, F. J. (2006). Conceitos básicos sobre ventilação no alojamento de suínos. *Revista Suinicultura* 72. 40-48.
- Decreto-lei 135/2003 de 28 de Junho, Diário da República nº147, I Série-A, Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas.
- Düppjan, S., Schon, P., Puppe, B., Tuchscherer, A., & Manteuffel, G. (2008). Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). *Applied Animal Behaviour Science*, 114, 105–115.
- Fournel S., Rousseau, A. N. & Laberge, B. (2017). Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. *Biosystems Engineering* 155. 96-123.
- Henken, A.M., Brandsma, H.A., Van de Hel, W., & Werstegen, M.W.A. (1993). Circadian rhythm in head production of limit-fed growing pigs of several breeds kept at and below thermal neutrality. *Journal of Animal Science*, 71, 1434-1440.
- Hillman, P. E., Gebremedhin, K. G., Aneshansley, D., & Landers, A. (2000). Design of a new cooling system for dairy cows in freestall facilities. *Design of a new cooling system for dairy cows in freestall facilities.*, 1-11.
- Ingram, D. L. (1965). The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in young pig. *Research in Veterinary Science*, 6, 9-17
- Koenders, E., Rooijackers, L., Hertem, T. Van, Vranken, E., Berckmans, D. & Berckmans, D. (2015). Towards the development of a practical visualisation tool for farmers and other stakeholders. In *Berckmans, D.(Ed.), Precision Livestock Farming'15. European Conference on Precision Livestock Farming. Milano, Italy* (pp. 327-337).
- Manteuffel, G., Puppe, B., e Schön, P. C. (2004). Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 88, 163–182
- Martelli, G., Nannoni, E., Grandi, M., Bonaldo, A., Zaghini, G., Vitali, M., ... & Sardi, L. (2015). Growth parameters, behavior, and meat and ham quality of heavy pigs subjected to photoperiods of different duration. *Journal of animal science*, 93(2), 758-766.
- Meneses, J. F. S. (1985). *Ventilação natural controlada automaticamente em instalações para suínos*. (Tese de doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.)

- Morrow-Tesch, J. L., McGlone, J. J., & Salak-Johnson, J. L. (1994). Heat and social stress effects on pig immune measures. *Journal of animal science*, 72(10), 2599-2609.
- Navas, L. M., Baptista, F., Guimarães, A. C., González, F., Sanz, J. F. & Cruz, V. F. (2010). *Auditorías Energéticas en Instalaciones Ganaderas Parte 1 : Manual para la realización de auditorías energéticas en instalaciones ganaderas*. (IDAE, Ed.). Madrid: IDAE -Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía.
- Puigdomènech, L., Revuelta M. & Babot, D. (2009). La ventilación en los alojamientos porcinos. In *Ganado Porcino: Diseño de alojamientos e instalaciones*. Ed. Grupo Asis Biomedica, S.L., ch:4, 108-146. Zaragoza: Servet editorial.
- Salvador, A. & Vidal, V. (2004). *Tecnología de la producción animal: Diseño de alojamientos I*. Valencia: Editorial UPV.
- Sampaio, C. A. D. P. (2004). *Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação*. (Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas).
- Sampaio, C. A. D. P., de Alencar Nääs, I., & Salgado, D. D. A. (2006). Ammonia, hydrogen sulfide, methane and carbon monoxide in swine production. *Revista de Ciências Agroveterinárias (Journal of Agroveterinary Sciences)*, 5(2), 156-164.
- Stärk, K. D. (2000). Epidemiological investigation of the influence of environmental risk factors on respiratory diseases in swine—a literature review. *The Veterinary Journal*, 159(1), 37-56.
- Stone, B. A. & Heap, P. A. (1982). Growth and estimated net balance of pigs raised under different housing conditions during Summer, in southern Australia. *Animal Production*, 35, 341-351.
- Xiong, Y. (2013). Evaluation of trailer thermal environment during commercial swine transport. Master Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign. Urbana, Illinois.

3. Notas sobre Bem-estar animal de suínos em fase de crescimento e engorda

Rui Charneca, Alfredo Pereira, Elsa Lamy, Vasco Fitas da Cruz, Catarina Guerreiro e Teresa Morgado

O bem-estar dos animais, juntamente com as questões ambientais e de segurança alimentar, tem vindo a ser considerado um dos maiores desafios da agropecuária mundial (Pandorfi et al., 2006). Seja por exigência do consumidor ou por uma consciencialização crescente relativa à sua importância, a preocupação com este assunto está cada vez mais presente na cadeia produtiva. Deste modo, o bem-estar e a saúde animal são aspetos que atualmente exercem enorme pressão sobre a produção pecuária (Fournel et al., 2017; Koenders et al., 2015) e que têm vindo a promover mudanças nestes sistemas produtivos (Baptista et al., 2011). Existe ainda uma generalização, por parte do consumidor, de que se uma indústria/exploração pecuária tem um padrão de bem-estar baixo, todos os outros setores da mesma indústria apresentam os mesmos padrões (Barnett et al., 2001).

Os principais motivos que têm levado as pessoas a preocuparem-se com o bem-estar animal são os conflitos de origem ética, o efeito potencial que estes possam ter na produtividade e na qualidade dos alimentos e, por último, as ligações entre o bem-estar e a comercialização internacional dos seus produtos de origem animal. Todos estes pontos têm relevância e não devem ser considerados contraditórios (Hötzel e Filho, 2004).

Embora o impacto do bem-estar animal na produtividade não deva ser o único motivo de preocupação, esta tem uma relevância destacável, isto porque o nível produtivo é um dos fatores que justifica economicamente a atividade de produção. A alta produtividade não se encontra obrigatoriamente relacionada

com o bem-estar (Broom, 1991; Hötzel e Filho, 2004). Não obstante, quando o bem-estar é pobre, podem ocorrer quebras ao nível do crescimento e da reprodução dos animais, pode aumentar o stress e a incidência de doenças, influenciando, direta ou indiretamente, a produtividade e a qualidade final dos produtos (Hötzel e Filho, 2004) e, conseqüentemente, os custos de produção.

O mercado interno europeu apresenta uma preferência por padrões elevados de bem-estar dos animais de produção. Efetivamente, a questão do bem-estar animal tem vindo a tornar-se uma preocupação crescente, apresentando uma exigência, por parte da sociedade, de um número cada vez maior de ações que melhorem a qualidade de vida dos animais, o que leva os produtores a realizar investimentos direcionados para a instrução dos trabalhadores e para a adequação das instalações e equipamentos.

Conceito de Bem-estar animal

O bem-estar animal (BEA) é uma expressão que tende a resistir a uma definição rigorosa e que tem sofrido alterações ao longo dos anos, sendo notória a falta de consenso entre diferentes autores (Madzingira, 2018). No ano de 1993, Duncan definiu o bem-estar animal como algo que está “dependente daquilo que os animais sentem”. Mais tarde, em 1994, Webster, sugeriu que “o bem-estar de um animal é determinado pela sua capacidade de evitar sofrimento e manter a performance” (Vieira et al., 2011). Por outro lado, Broom, em 1996, sugeriu que o bem-estar animal é o “estado de um individuo no que concerne às suas tentativas de lidar com o ambiente” (Hewson, 2003; Vieira et al., 2011). Esta definição é a que atualmente tem maior aceitação.

No geral, o bem-estar animal refere-se ao estado físico e emocional produzido nos animais pelas atitudes e práticas humanas, pela quantidade e a qualidade dos recursos disponíveis para o animal e pelo ambiente em que o este vive (Madzingira, 2018).

De forma a definir a avaliar o bem-estar é possível utilizar o princípio das Cinco Liberdades, reconhecido pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC, 1979). O bem-estar animal é assegurado quando as seguintes condições, denominadas as 5 liberdades inerentes aos animais, são cumpridas:

- Liberdade fisiológica, caracterizada pela ausência de fome e de sede, com uma alimentação equilibrada em termos de quantidade e qualidade;
- Liberdade ambiental, em que as instalações devem ser adaptadas para que garantam ausência de desconforto térmico e físico;
- Liberdade sanitária, garantindo a ausência de doenças, sofrimento e dor bem como rápida assistência na doença;
- Liberdade comportamental, para os animais possam expressar comportamentos normais;
- Liberdade psicológica, com ausência de medo e de ansiedade, em que o animal não deve ser exposto a situações que lhe provoquem angústia, ansiedade, medo, dor ou stress, principalmente quando são transferidos, carregados ou descarregados.

As 5 liberdades oferecem uma abordagem útil e prática no estudo e na avaliação do bem-estar. Estas servem também de base para muitas leis de proteção animal na União Europeia (Madzingira, 2018; Manteca et al., 2012). Contudo, apesar destas vantagens o princípio das 5 liberdades apresenta duas falhas: ser muito geral e a sobreposição que existe entre algumas delas (Manteca et al., 2012). Foram então propostas outras abordagens, como por exemplo a do Welfare Quality®. Esta abordagem foca-se preferencialmente nos animais, embora também recorra, quando necessário, aos indicadores baseados nas instalações e no manejo (Costa, 2015).

A Welfare Quality® estabeleceu um protocolo onde indicam que a avaliação do bem-estar deve ter em conta as seguintes questões onde estão subjacentes os diferentes princípios:

- Os animais são alimentados corretamente? (Ausência de fome e sede);
- Os animais estão bem alojados? (Conforto térmico e facilidade de movimento);
- Os animais são saudáveis? (Ausência de ferimentos, doenças e dor);
- O comportamento dos animais reflete os estados emocionais otimizados? (Expressão de comportamentos apropriados, existindo um equilíbrio entre os aspetos negativos, como por exemplo a agressividade, e os positivos. Boas relações entre o homem e o animal).

O Welfare Quality® integra o bem-estar animal na cadeia de produção de alimentos e pretende informar os consumidores sobre a realidade das explorações, para melhorar o bem-estar das espécies pecuárias e para garantir transparência na cadeia de produção dos alimentos, tendo em conta as necessidades dos consumidores (Velarde et al., 2009).

Sabendo então que um dos fatores para avaliar o bem-estar animal é o seu estado psicológico/emocional, é quase impossível descrever o bem-estar animal sem focar o stress animal. O termo stress é um termo geral utilizado para descrever fatores ambientais que solicitam, ao animal, mecanismos de adaptação e de resposta (Mormède et al., 2007). O bem-estar refere-se a um estado do animal que pode ser avaliado de muito bom para muito pobre. Sempre que existe stress, o bem-estar é pobre (Broom e Kirkden, 2004) e para além disso, por norma, o stress encontra-se maioritariamente associado a eventos e/ou consequências negativas que o animal tenha sido submetido (Korte et al., 2005). O termo stress deve ser utilizado quando o bem-estar animal é pobre e quando o animal apresenta, fisiologicamente, dificuldades em lidar com os fatores externos (Broom e Kirkden, 2004).

Avaliação do Bem-estar animal

O bem-estar animal pode ser avaliado através de indicadores que são de ordem comportamental, fisiológica, produtiva e sanitária (Candiani et al., 2008). A maioria destes indicadores fornecem informação que permite auxiliar na caracterização do estado do animal, dentro da escala de muito bom a muito mau, sendo que algumas medidas estão mais associadas a problemas de curto-prazo, devido, por exemplo, a um manejo incorreto ou a um período breve de condições adversas (Broom e Molento, 2004).

Visto que o bem-estar animal é um conceito multidimensional, este não pode ser determinado pela medição de apenas um indicador, devendo-se sempre considerar um conjunto de indicadores em simultâneo. No âmbito da avaliação prática do BEA, as medições efetuadas no animal são preferíveis às dos parâmetros ambientais, visto que resultam numa melhor avaliação (Manteca et al., 2013). Aquando da escolha dos indicadores para avaliação do BEA estes devem ser válidos, ou seja, devem avaliar o que realmente se pretende; confiáveis (que permitam a repetibilidade); e viáveis (Velarde et al., 2009).

A recolha de informação proveniente destes indicadores não deve implicar muito tempo, devendo, como já foi indicado, privilegiar-se a recolha de dados obtidos diretamente nos animais. Deve ser aplicável a qualquer sistema de produção e resultar numa combinação final que atribua uma pontuação global do bem-estar (Manteca et al., 2013; Temple et al., 2011; Velarde e Dalmau, 2012; Velarde et al., 2009). No entanto, para melhorar a avaliação do bem-estar de animais, recomenda-se a utilização de novas tecnologias e respetivas metodologias, de modo a possibilitar uma monitorização, em tempo real, baseada em indicadores objetivos (Dawkins, 2017).

A escolha e a parametrização dos indicadores utilizados para medir o bem-estar vai então permitir a melhoria do sistema de monitorização, assim como o reconhecimento de práticas e situações que causem stress ao animal (Candiani et al., 2008).

Indicadores comportamentais

O comportamento e as alterações de comportamento são mecanismos que os animais utilizam de forma a lidarem com o ambiente (Mench, 1998), sendo fundamentais nas adaptações das funções biológicas (Snowdon, 1999). Conseqüentemente, a observação de alterações comportamentais é considerada um método rápido e prático de avaliação do bem-estar (Matthews et al., 2016). Deste modo, os indicadores comportamentais são baseados nas variações de comportamento dos suínos. Estas variações podem manifestar-se devido à dificuldade em expressar determinados movimentos ou em adaptarem-se a estímulos do ambiente (Costa et al., 2009).

O comportamento dos suínos resulta da interação dos fatores hereditários e dos adquiridos, os quais produzem um padrão que poderá influenciar o desempenho do animal (O'Connell et al., 2004). A observação de mudanças nos padrões de comportamento (ex: automutilação, comportamentos estereotipados, comportamentos agressivos) normalmente representa o primeiro nível de resposta do animal a estímulos negativos ou causadores de stress. Estes comportamentos estão associados a um baixo nível de bem-estar (Broom e Molento, 2004; Temple et al., 2011).

a) Comportamento alimentar e de abeberamento

Ao acompanhar o comportamento alimentar é possível avaliar alguns dos pressupostos que estiveram na origem dos princípios do BEA como ausência de sede, ausência de fome e ainda dar indício da presença de doenças, caso esses padrões sofram alterações (Rushen et al., 2012). O comportamento alimentar é controlado por mecanismos de fome e saciedade, no entanto, pode ser influenciado por pequenas alterações ao nível do ambiente; saúde do animal; constituição das dietas; e sistemas de alimentação (Maselyne et al., 2015).

No que diz respeito aos sistemas de alojamento para suínos, as condições sociais que são proporcionadas aos animais podem afetar significativamente o

comportamento alimentar (Maselyne et al., 2015). Ou seja, as baixas condições corporais dos suínos por vezes encontram-se relacionadas com as elevadas densidades populacionais praticadas nas explorações. Nestes casos existe uma probabilidade acrescida dos animais efetuarem a sua alimentação simultaneamente, originando uma competição pelo alimento (Boumans et al., 2018). Aliada a esta competição encontra-se a falta de espaço disponível para as reações de fuga (Costa, 2015).

Em relação às condições ambientais de alojamento, a temperatura é um dos principais fatores que afeta a ingestão alimentar nos suínos. Dentro da zona de termoneutralidade, a energia da dieta é utilizada para o crescimento, a manutenção (em suínos é cerca de 850 kJ por peso de energia metabolizável média (van Milgen et al., 2000)) e atividade física. Em condições abaixo da zona de termoneutralidade, a energia é desviada dos processos produtivos com fim de manter a homeotermia (produção de calor). Em condições acima da termoneutralidade, o animal tenta dissipar ao máximo o calor e diminuir a sua produção (Collin et al., 2001). Esta diminuição é conseguida através de uma redução da ingestão alimentar (Campos et al., 2017; Collin et al., 2001), a qual pode alcançar valores de 47% (Pearce et al., 2013).

Ao utilizar o comportamento alimentar como indicador de bem-estar é necessário considerar o ritmo circadiano (Mota, 2010). Sendo o suíno um animal diurno, o consumo alimentar mais elevado ocorre nos horários de maior luminosidade (Ingram e Legge, 1974). Contudo, pode ocorrer um aumento do consumo de ração durante a noite, em função do aumento da densidade animal (Boumans et al., 2018). Este fator é mais evidenciado em situações cuja temperatura ambiente é elevada (Cruz, 1997).

Em relação ao comportamento de abeberamento, este ocorre frequentemente à volta do comportamento alimentar aparecendo, geralmente, após 10 minutos da ingestão alimentar, em condições normais e de conforto térmico (Linden, 2014). Porcos em fase de crescimento e engorda passam 20-30 minutos a beber por dia, gastando 15 a 30 segundos de cada vez (Linden, 2014).

Alterações neste padrão podem refletir doenças metabólicas, aparecendo, por exemplo, em resposta à desidratação resultante da diarreia. Os padrões de ingestão de água podem então ser influenciados por estados patológicos (Madsen e Kristensen, 2005; Seddon, 2011), por stress (Averos et al., 2007) e por temperaturas ambientais elevadas (Linden, 2014; Rushen et al., 2012). Existem estudos que apontam para um incremento no consumo de água de 50% quando a temperatura ambiente aumenta de 12 para 35° C (IMPEX, 2016).

b) Comportamento social

Em todas as fases de produção de suínos é detetada uma hierarquia social linear, caracterizada por uma classificação clara de dominante a subdominante (Meese e Ewbank, 1973).

A comunicação entre estes animais pode ocorrer através do som (vocalização), do odor, da visão e do toque, sendo que a principal é a vocalização (Deen, 2009). De facto, as vocalizações permitem avaliar o bem-estar dos animais, nomeadamente pela deteção e medição da intensidade e/ou qualidade do stressor (Düpjan et al., 2008), o que ocorre através da captação de padrões vocais distintos e de forma não evasiva (Moura et al., 2008). Associado ao nível de excitação do animal, é possível distinguir 3 tipos de vocalizações realizadas pelos suínos: os grunhidos, os guinchos e os gritos (Manteuffel et al., 2004). Os grunhidos (baixa frequência) são usados pelo animal em contexto social. Os guinchos e gritos (frequência mais elevada) podem indicar situações de comportamentos exploratórios, bem como de socialização e em caso de excesso de excitação (Marchant et al., 2001).

O comportamento de vocalização, tal como as próprias vocalizações, pode ser alterado consoante a situação em que os suínos se encontram. Essas alterações, por norma, estão associadas ao stress, como é o caso de situações de desconforto térmico, dor e medo. Nesses casos, os sons têm intensidades mais altas e frequências mais agudas. Foram detetadas vocalizações de alta frequência

em situações de castração (Hillmann et al., 2004) e de temperaturas desfavoráveis (Ferrari et al., 2013).

De forma a estabelecer a hierarquia, os suínos apresentam alguns comportamentos agonísticos entre si (Scheffler et al., 2016), principalmente pela competição pelo espaço físico, por alimentos e recursos (Massari, 2014). Estes comportamentos definem-se por um conjunto de atividades expressas e incluem componentes ofensivas, defensivas e de submissão ou de fuga, podendo incluir contacto (morder e empurrar) ou não (ameaças na forma de posturas e gestos corporais) (Petherick e Blackshaw, 1987).

O comportamento agressivo (ameaças de contato) é uma componente do comportamento agonístico (Petherick e Blackshaw, 1987). Em grupos cujas posições hierárquicas já estejam estabelecidas podem ocorrer agressões quando existe a entrada de novos animais, até que uma nova ordem hierárquica seja estabelecida (Deen, 2009). Nesta situação as agressões são mais marcadas (Scheffler et al., 2016), contudo ocorre uma diminuição entre o primeiro e o terceiro dia, isto porque as relações hierárquicas e sociais ficam definidas (Deen, 2009; Meese e Ewbank, 1973; Stukenborg et al., 2011). Os comportamentos agonísticos podem estar relacionados com uma série de fatores stressantes, causados por problemas nas instalações e no maneiio dos animais (Baptista et al., 2011), como por exemplo, espaço e acesso ao comedouro e ao bebedouro reduzido.

Os suínos evidenciam também comportamentos que provocam lesões nos animais tais como: mordeduras e os vícios de sucção da cauda, orelha, flanco e vulva (Baptista et al., 2011). Um dos comportamentos mais comuns é a mordedura da cauda. Este comportamento deve ser encarado como um indicador de um ambiente inadequado, visto que predispõe a “surto” de mordidas de cauda e, conseqüentemente, a infeções e doenças (Schröder-Petersen e Simonsen, 2001). O comportamento de caudofagia pode ser definido como a manipulação bucal suave ou não, que desencadeia feridas na pele, amputações de porções da cauda e até mesmo lesões mais graves no dorso, o que

proporciona um efeito negativo sobre o bem-estar e, conseqüentemente, perdas econômicas na produção (Taylor et al., 2010). Este comportamento apresenta causas muito variadas (quadro 1), sendo que a introdução de novos animais no grupo é uma das principais. A introdução de animais desconhecidos em números pequenos é uma forma de minimizar este tipo de comportamento e, desta forma, aumentar o bem-estar e a produção (Petherick e Blackshaw, 1987).

Causas	Descrição
Sexo	É mais frequente em machos castrados, em comparação com machos inteiros. Mais frequente em machos inteiros do que em fêmeas.
Idade	A probabilidade de ocorrência deste surto aumenta com a idade dos animais.
Genética	Acredita-se que a genética <i>Landrace</i> seja menos suscetível à mordida da cauda.
Saúde	Problemas respiratórios aumentam a probabilidade de ocorrência.
Sobrepopulação	Elevadas densidades de alojamento aumentam a taxa de caudas mordidas, principalmente devido ao acesso dificultado ao comedouro e bebedouro (Linden, 2014).
Tipo de Pavimento	A presença de palha tende a reduzir os surtos.
Enriquecimento Ambiental	A presença de brinquedos pode ajudar a reduzir, quando oferecido alternadamente.
Fatores ambientais	O desconforto ambiental (temperatura, humidade e barulho) é um dos fatores que mais contribui para o aparecimento deste surto (Deen, 2009). Alta concentração de amoníaco (> 10 ppm) aumenta os surtos de mordedura de cauda.

Quadro 1 - Causas comuns da caudofagia (Adaptado de Sonoda et al., 2013)

O bem-estar também se encontra comprometido quando os animais apresentam comportamentos estereotipados. Este tipo de comportamento define-se pela sucessão de ações repetitivas e não funcionais (Dantzer, 1986), sendo que as causas mais prováveis para este tipo de comportamento são casos

de frustração, falta de controlo sobre o ambiente (por parte dos animais) (Deen, 2009) ou por fome (Arellano et al., 1992). Este tipo de comportamento pode ser facilmente identificado, envolvendo a falsa mastigação, acenar da cabeça e mastigar ou cheirar os objetos disponíveis (Vieuille-Thomas et al., 1995).

c) Comportamento exploratório

Como parte do perfil exploratório, os suínos desenvolvem ações de olhar, cheirar, lambe, fuçar e mastigar objetos (Foppa et al., 2014). A maior motivação para este tipo de comportamento é o medo associado à novidade (Deen, 2009).

Nos sistemas intensivos de produção, onde o ambiente é praticamente estéril e sem estímulos, os suínos tendem a direcionar este comportamento entre si, ocorrendo assim problemas comportamentais (Foppa et al., 2014), daí a crescente relevância dos estudos sobre o enriquecimento ambiental.

Nos estudos desenvolvidos com suínos, o enriquecimento ambiental físico tem sido explorado de diversas formas: através de um maior espaço disponível; da disponibilização de áreas funcionais distintas, como comedouros individuais; de esconderijos; de substratos como a palha; e da disponibilização pontual de objetos, em especial cordas e objetos de madeira, geralmente suspensos (Órfão e Stilwell, 2012). Com isto, existe a possibilidade de melhorar o bem-estar, permitindo a expressão de comportamentos específicos da espécie e promovendo o desenvolvimento físico e psicológico do animal (Foppa et al., 2014).

d) Comportamento associados com a postura e locomoção

Os suínos passam cerca de 75 a 85% do tempo deitados, 5 a 10% a comer e o restante a andar e explorar (Linden, 2014). Apesar de a maior parte do tempo ser passado em descanso, os distúrbios de locomoção (ex: claudicação) apresentam impacto no bem-estar dos animais (Deen, 2009). Um animal doente apresenta uma quebra na sua atividade (por norma acompanhado de redução da ingestão alimentar e de água) e conseqüentemente na sua postura e locomoção

(Deen, 2009; Rostagno et al., 2011). A forma da cauda pode ser utilizada como indicador de BEA, por exemplo, um animal que apresente uma cauda enrolada e para cima é um animal ativo. Caso o animal seja confrontado com situações que provoquem medo, desconforto ou submissão é usual a observação da cauda para baixo (Groffen, 2012).

É ainda de salientar os comportamentos que os animais adotam para ajudar na sua termorregulação. Dentro da zona de termoneutralidade (TNZ), os animais adotam uma postura de decúbito lateral com cerca de 40-50% dos porcos a tocarem-se (Ekkel et al., 2003). Quando a temperatura é inferior à zona de conforto dos animais, os porcos amontoam-se para evitarem a perda de calor e adotam uma postura de decúbito esternal, de forma a reduzir a área de superfície da pele exposta disponível para a perda de calor. Nesta situação é comum o aparecimento de animais a tremer (Costa, 2015). Quando as temperaturas se encontram acima da temperatura crítica superior, estes animais adotam a postura lateral, estendendo-se ao máximo e evitando o contato com os outros animais, de forma a expor uma maior superfície corporal a uma superfície mais fria, na tentativa da perda de calor por condução. Estas condições ambientais levam a que os animais diminuam a taxa de atividade (Jones e Manteca, 2009), aumentem a frequência respiratória, de modo a dissipar o calor através da evaporação ao longo do trato respiratório (Linden, 2014) e evaporem, com o auxílio do corpo, água que encontrem disponível, aumentando assim as perdas de calor (Cruz, 1997).

Indicadores fisiológicos

Não existe um procedimento padrão definido para determinar com precisão o grau de bem-estar animal e o nível de stress de um animal (Martínez-Miró et al., 2016). Os indicadores comportamentais, anteriormente referidos, têm a vantagem de permitir uma avaliação rápida e economicamente viável, no entanto, não possibilitam uma avaliação objetiva do que está a acontecer a nível fisiológico. Também não permitem a deteção de situações potencialmente

negativas numa fase prévia ao aparecimento de sinais comportamentais. Por esse motivo, há necessidade de ter indicadores da condição fisiológica do animal.

O stress fisiológico é um dos principais indicadores utilizados na avaliação do bem-estar animal (Hötzel e Filho, 2004) e pode ser medido por meio de avaliações como: temperatura interna e superficial, frequências cardíacas e respiratórias, respostas do sistema imunológico, nível de determinados anabolitos como cortisol ou α -amilase (Hellhammer et al., 2009), entre outras. É de salientar que o resultado das medições fisiológicas deve ser interpretado com cuidado pois poderão ser um indício de pré-patologias (Broom e Molento, 2004).

a) Temperatura interna e superficial

Os suínos apresentam dificuldade de se adaptarem ao calor, devido principalmente ao seu elevado metabolismo, à capa de tecido adiposo subcutâneo, ao sistema termorregulador pouco desenvolvido e à limitada capacidade de perda de calor através da sudorese, por apresentarem glândulas sudoríparas queratinizadas (Rodrigues et al., 2010). Dispõem por isso de mecanismos fisiológicos para regular a temperatura interna que necessitam de manter um alto índice metabólico para obterem o calor necessário, de forma a conservar a temperatura dentro dos limites definidos, apesar das elevadas variações na temperatura ambiente (Manno et al., 2006).

A temperatura interna é um reflexo da atividade no corpo do animal, o que a torna um sinal fisiológico importante que caracteriza o estado de saúde do porco (Zhang et al., 2019). Esta é regulada pelos centros de termorregulação no hipotálamo que integram as informações térmicas fornecidas pelo sangue, cérebro e termorreceptores na medula espinhal, nos tecidos profundos e na superfície da pele. Estas informações são processadas e os desvios da zona de termoneutralidade desencadeiam respostas termorreguladoras para aumentar ou diminuir a produção de calor e para o conservar ou dissipar (Campos et al., 2017). É de salientar que as variações na temperatura interna podem estar

relacionadas com algumas doenças, ou no caso das porcas adultas, com a fase do ciclo éstrico (Zhang et al., 2019).

De forma a medir a temperatura interna é comum a utilização da temperatura retal. Esta temperatura, em suínos, pode variar entre 38 - 40°C, podendo ser influenciada pela atividade física, a ingestão de alimentos, a radiação solar, idade, sexo e tamanho (Sacristán et al., 1998). O método de recolha da temperatura retal pode também influenciar os resultados. Habitualmente, a recolha deste indicador é efetuada de forma manual, o que implica a manipulação dos animais e, conseqüentemente, se o animal não se encontrar habituado à manipulação, a temperatura retal pode aumentar devido ao stress provocado (Zhang et al., 2019).

A temperatura retal é superior à temperatura superficial, em cerca de 3,6°C em situação de conforto térmico (Manno et al., 2006). Isto é explicado pelo facto de a energia térmica produzida pelas reações metabólicas aquecer os tecidos internos a uma determinada temperatura (temperatura retal). Esta energia tende a passar para a superfície da epiderme, por condução, através dos tecidos e a ser conduzida pelo sangue que irriga a superfície. Quando atinge a epiderme, a energia diminui (temperatura superficial) (Souza e Batista, 2012).

Em relação à temperatura superficial, verifica-se que esta é influenciada pela temperatura ambiente (Manno et al., 2006; Soerensen e Pedersen, 2015), é também influenciada pelo local de medição (Soerensen e Pedersen, 2015). No estudo de Manno et al. (2006), verificaram que os animais que foram submetidos a stress térmico por calor apresentavam um aumento de 9,5% na temperatura superficial em comparação aos animais submetidos ao conforto térmico.

b) Cortisol

O cortisol, que deriva do colesterol é uma hormona do grupo de glucocorticoides produzida pelo córtex da glândula adrenal, após a ativação do eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenocortical (HHA) (Cunha et al., 2012). Este grupo

de hormonas regulam processos fisiológicos que intervêm na adaptação do animal ao ambiente (Sacristán et al., 1998). Os glucocorticoides são transportados pela corrente sanguínea e intervêm em vários mecanismos. Na maior parte deles, a sua presença é necessária para outras ações fisiológicas, como por exemplo, permitir que outras hormonas se possam manifestar na sua totalidade (Cunningham, 1993), como é caso do glucagon e da adrenalina (Sacristán et al., 1998).

O eixo HHA funciona por retroalimentação negativa do qual o cortisol inibe a libertação da hormona hipotalâmica libertadora de corticotrofina (CRH), o que por sua vez resulta numa menor secreção de ACTH pela hipófise (Cunningham, 1993). Resumindo, um aumento da concentração sanguínea de cortisol inibe a libertação de ACTH e uma diminuição da concentração estimula a produção de ACTH.

A produção de cortisol é influenciada pelo stress e pelos ritmos circadianos do animal. Neste último, o suíno apresenta níveis de cortisol superiores no período da manhã. No que concerne a situações de stress, a resposta glucocorticoide é imediata, com as concentrações de cortisol a aumentarem rapidamente para atingirem valores superiores ao normal em questão de minutos. A resposta é proporcional à gravidade do stress, isto é, níveis mais baixos de stress resultam em menos produção de cortisol, quando comparados com níveis mais elevados (Cunningham, 1993).

Relativamente ao cortisol sanguíneo é de realçar que a colheita de sangue ao animal pode causar stress, interferindo na avaliação do nível de stress e de bem-estar (Cunha et al., 2012).

Ao nível de cortisol salivar este é considerado uma medida viável da adaptação do eixo HHA ao stress (Hellhammer et al., 2009). É também considerado um bom indicador de stress pois pode ser recolhido de forma não invasiva (Hellhammer et al., 2009; Vining et al., 1983). O cortisol salivar reflete o nível de cortisol sanguíneo, sendo que um aumento no cortisol sanguíneo se reflete no cortisol salivar em menos de cinco minutos (Vining et al., 1983).

Hellhammer et al. (2009) indicam que para evitar muitas questões nos diferentes estudos, o ideal seria fazer sempre medições para os níveis de ACTH, cortisol total no sangue e cortisol salivar, isto porque estes indicadores de stress podem fornecer-nos diferentes informações.

c) *Alfa-amilase*

A alfa-amilase é uma enzima digestiva cuja principal função é a hidrólise do amido, produzida no pâncreas por todos os animais. Esta enzima amilolítica não é ativamente transportada nem se difunde na saliva a partir da circulação. É maioritariamente produzida na cavidade bucal pelas glândulas salivares, principalmente as parótidas (amilase salivar) e ainda pelo pâncreas (amilase pancreática), sendo posteriormente armazenada em grânulos secretores (Granger et al., 2007).

Claramente vantajosa pela sua recolha não invasiva, a α -amilase salivar pode ser utilizada como indicador de BEA em paralelo com os indicadores dos dois sistemas de stress (SNS e HHA), como as catecolaminas (epinefrina e noroepinefrina) e o cortisol (Fuentes et al., 2011). O mesmo autor detetou valores de 265,9-6,486 U/l em fêmeas com idade compreendida entre 3 e 4 meses, sujeitos a uma temperatura de 23° C. Já no estudo de Huang et al. (2014), 10 machos (*Large White* × *Landrace* × *Duroc*) na fase de crescimento apresentaram uma média de 86,53 nmol L⁻¹.

Para além de ter sido referido um aumento da concentração de α -amilase em resposta ao stress físico (Fuentes et al., 2011), esta reage também ao stress psicológico/emocional (Granger et al., 2007; Nater e Rohleder, 2009; Fuentes et al., 2011). Na prática, é visível o aumento da sua concentração em resposta a condições de exercício, stress térmico (por calor e por frio), entre outros (Granger et al., 2007), tendo sido reportado que o incremento ocorre cerca de 1 minuto após uma situação de stress, ainda que os resultados obtidos tenham apresentado um coeficiente de variabilidade elevado (Fuentes et al., 2011).

Apesar de o aumento desta enzima, face a condições de stress, estar bem documentado em humanos (Nater e Rohleder, 2009), em suínos ainda é um assunto que carece de estudos mais aprofundados.

Indicadores produtivos

As condições ambientais de alojamento são um dos fatores limitantes na produção de suínos, sendo que influenciam muito as performances produtivas (Cervantes et al., 2018). Existem evidências de que, quando o bem-estar animal está comprometido, a produtividade dos animais também o está, e consequentemente, há uma diminuição e/ou um atraso do ganho de peso, e um atraso no início da reprodução, podendo em casos extremos, levar à morte dos animais (Broom e Molento, 2004; Baptista et al., 2011).

O ganho de peso, o consumo de alimento, a conversão alimentar e a qualidade da carcaça são alguns dos indicadores de produção que estão associados ao BEA de suínos em fase de crescimento e engorda, uma vez que animais em condições de stress têm o seu desenvolvimento prejudicado (Manteca et al., 2013).

Os suínos possuem uma faixa de temperatura ótima para sua sobrevivência. Nesta faixa, a homeotermia é mantida com pequeno gasto energético e a energia líquida de produção é máxima (Mount, 1974). Quando as condições fogem do intervalo ótimo, são ativados os mecanismos termorregulatórios, registando-se um aumento da termogénese e diminuição da termólise em condições de frio e, vice-versa, em condições de calor (Cruz, 1997). Qualquer uma destas situações apresenta sempre efeitos negativos visto que, face a condições de frio, os animais desviam a energia para a termorregulação; e face a situações de calor, os animais, devido à sua dificuldade em dissipar calor, diminuem a ingestão alimentar de modo a diminuir a produção de calor o que, consequentemente, conduz a reduções nas performances produtivas (Rico, 2019).

A qualidade da carcaça também pode ser utilizada como indicador na avaliação do bem-estar animal, principalmente no período anterior ao abate, uma vez que níveis reduzidos de bem-estar animal podem conduzir à produção de uma carne de qualidade inferior, o que resulta em perdas de produção/vendas (Sousa, 2005). O stress pré-abate pode ter consequências negativas na qualidade da carne, aumentando o risco de incidência de PSE (*pale, soft, exudative*) e DFD (*dark, firm, dry*) nas carcaças (Gregory e Grandin, 1998).

Bibliografia

- Arellano, P. E., Pijoan, C., Jacobson, L. D., & Algers, B. (1992). Stereotyped behaviour, social interactions and suckling pattern of pigs housed in groups or in single crates. *Applied Animal Behaviour Science*, 35, 157-166.
- Averos, X., Herranz, A., Sanchez, R., Comella, J. X., & Gosalvez, L. F. (2007). Serum stress parameters in pigs transported to slaughter under commercial conditions in different seasons. *Veterinarni medicina-praha*, 52(8), 333.
- Baptista, R. I. A. de A., Bertani, G. R., & Barbosa, C. N. (2011). Indicadores do bem-estar em suínos, *Ciência Rural*, 41(10), 1823-1830. 79
- Barnett, J. L., Hemsworth, P. H., Cronin, G. M., Jongman, E. C., & Hutson, G. D. (2001). A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Australian journal of agricultural research*, 52(1), 1-28.
- Boumans, I. J., de Boer, I. J., Hofstede, G. J., & Bokkers, E. A. (2018). How social factors and behavioural strategies affect feeding and social interaction patterns in pigs. *Physiology & behavior*, 194, 23-40.
- Broom, D. M. (1991). Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of animal science*, 69(10), 4167-4175.
- Broom, D. M., & Molento, C. F. M. (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – revisão. *Archives of Veterinary Science*, 9(2), 1-11.
- Broom, D. M., & Kirkden, R. D. (2004). Welfare, stress, behaviour and pathophysiology. *Veterinary pathophysiology*, 337-369.
- Campos, P. H. R. F., Floc'h, L., Noblet, J., & Renaudeau, D. (2017). Physiological responses of growing pigs to high ambient temperature and/or inflammatory challenges. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(6), 537-544.
- Candiani, D., Salamano, G., Mellia, E., Doglione, L., Bruno, R., Toussaint, M., & Gruys, E. (2008). A combination of behavioral and physiological indicators for assessing pig welfare on the farm. *Journal of applied animal welfare science*, 11(1), 1-13.
- Collin, A., van Milgen, J., Dubois, S., & Noblet, J. (2001). Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. *British Journal of Nutrition*, 86(1), 63-70.
- Costa, E. V., Rueda, P. M., Rangel, J. M. R., & Zúccari, C. E. S. N. (2009). Bem-estar, ambiência e saúde animal. *Ciência Animal Brasileira*.

- Costa, M. R. (2015). *Avaliação do bem-estar em porcos de engorda na exploração e no matadouro*. (Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa).
- Cruz, V. F. (1997). *Influência da estação do ano sobre as performances do porco em fase de crescimento e acabamento. Sua relação com a densidade de alojamento e a concentração energética da dieta*. (Tese de Doutorado. Universidade de Évora, Évora).
- Cunha, D. F. (2012). Cortisol como indicador do estresse na espécie suína. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 6(3), 18-25.
- Cunningham, J. G. (1993). *Tratado de Fisiologia Veterinária*. Guanabara Koogan S.A.
- Dantzer, R. (1986). Behavioral, physiological and functional aspects of stereotyped behavior: a review and a re-interpretation. *Journal of Animal Science*, 62(6), 1776-1786.
- Dawkins, M. S. (2017). Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable? *Animal Production Science*, 57(2), 201-208.
- Deen, J. (2009). Pigs: Behavior and welfare assessment. In *Encyclopedia of animal behavior* (pp. 731-739). Elsevier Inc.
- Düppjan, S., Schon, P., Puppe, B., Tuchscherer, A., & Manteuffel, G. (2008). Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). *Applied Animal Behaviour Science*, 114, 105-115.
- Ekkel, E. D., Spooler, H. A., Hulsegge, I., & Hopster, H. (2003). Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 80(1), 19-30.
- FAWC. (1979) Farm Animal Welfare Council press statement. Disponível em: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121007104210/http://www.fawc.org.uk/pdf/fivefreedoms1979.pdf>
- Ferrari, S., Costa, A., & Guarino, M. (2013). Heat stress assessment by swine related vocalizations. *Livestock Science*, 151(1), 29-34.
- Fialho, E.T., Ost, P.R., & Oliveira, V. (2001). Interações ambiente e nutrição - estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. 2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. Concórdia, Santa Catarina - Brasil.
- Foppa, L., Caldara, F. R., Machado, S. P., Moura, R., Santos, R. K. S., Nääs, I. A., & Garcia, R. G. (2014). Enriquecimento ambiental e comportamento de suínos: revisão/environmental enrichment and behaviour of pigs. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 8(1), 1-7.
- Fournel S., Rousseau, A. N. & Laberge, B. (2017). Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. *Biosystems Engineering* 155. 96-123.
- Fuentes, M., Tecles, F., Gutiérrez, A., Otal, J., Martínez-Subiela, S., & Cerón, J. J. (2011). Validation of an automated method for salivary alpha-amylase measurements in pigs (*Sus scrofa domesticus*) and its application as a stress biomarker. *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 23(2), 282-287.
- Granger, D. A., Kivlighan, K. T., El-Sheikh, M. O. N. A., Gordis, E. B., & Stroud, L. R. (2007). Salivary α -amylase in biobehavioral research: Recent developments and applications. *Annals of the New York Academy of sciences*, 1098(1), 122-144.
- Gregory, N. G., & Grandin, T. (1998). *Animal welfare and meat science* (No. 636.08947 G7). CABI Pub.
- Groffen, J. (2012). Tail posture and motion as a possible indicator of emotional state in pigs.

- Hellhammer, D. H., Wüst, S., & Kudielka, B. M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*, 34(2), 163-171.
- Hewson, C. J. (2003). What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences. *The Canadian Veterinary Journal*, 44(6), 496.
- Hillmann, E., Mayer, C., Schön, P. C., Puppe, B., & Schrader, L. (2004). Vocalisation of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) as an indicator for their adaptation towards ambient temperatures. *Applied Animal Behaviour Science*, 89(3-4), 195-206.
- Hötzel, M. J., & Filho, L. C. P. (2004). Bem-estar animal na agricultura do século XXI. *Revista de etologia*, 6(1), 3-15.
- Huang, Y., Liu, W., Yin, C., Ci, L., Zhao, R., Yang, X. (2014). Response to lipopolysaccharide in salivary components and the submandibular gland of pigs. *Livestock Science*. 167. 323-330.
- IMPEX. (2016). The importance of water for pigs. Disponível online: <https://www.impex.nl/en/knowledge-center/the-importance-of-water-for-pigs>
- Ingram, D. L. (1965). The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in young pig. *Research in Veterinary Science*, 6, 9-17
- Ingram, D. L., & Legge, K. F. (1974). Effects of environmental temperature on food intake in growing pigs. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 48(3), 573-581.
- Jones, B., & Manteca, X. (2009). Welfare Quality Information Resource: First draft of an information resource. Welfare Quality Project.
- Koenders, E., Rooijackers, L., Hertem, T. Van, Vranken, E., Berckmans, D. & Berckmans, D. (2015). Towards the development of a practical visualisation tool for farmers and other stakeholders. In Berckmans, D.(Ed.), *Precision Livestock Farming'15. European Conference on Precision Livestock Farming. Milano, Italy* (pp. 327-337).
- Korte, S. M., Koolhaas, J. M., Wingfield, J. C., & McEwen, B. S. (2005). The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(1), 3-38.
- Linden, J. (2014). Normal and Abnormal Behaviours of Swine under Production Conditions. Disponível em: <https://thepigsite.com/articles/normal-and-abnormal-behaviours-of-swine-under-production-conditions>
- Madsen, T. N., & Kristensen, A. R. (2005). A model for monitoring the condition of young pigs by their drinking behaviour. *Computers and electronics in agriculture*, 48(2), 138-154.
- Madzingira, O. (2018). Animal Welfare Considerations in Food-Producing Animals. *Animal Welfare*, 99.
- Manno, M. C., Oliveira, R. D., Donzele, J. L., Oliveira, W. D., Vaz, R. G. M. V., Silva, B. A. N., ... & LIMA, K. D. S. (2006). Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 471-477.
- Manteca, X., Mainau, E., & Temple, D. (2012). What is animal welfare. *Farm animal welfare education centre*.
- Manteca, X., da Silva, C. A., Bridi, A. M., & Dias, C. P. (2013). Bem-estar animal: conceitos e formas práticas de avaliação dos sistemas de produção de suínos. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 4213-4229.
- Manteuffel, G., Puppe, B., e Schön, P. C. (2004). Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 88, 163-182
- Marchant, J. N., Whittaker, X., & Broom, D. M. (2001). Vocalisations of the adult female domestic pig during a standard human approach test and their relationships with behavioural and heart rate measures. *Applied Animal Behaviour Science*, 72(1), 23-39.

- Martínez-Miró, S., Tecles, F., Ramón, M., Escribano, D., Hernández, F., Madrid, J., ... & Cerón, J. (2016). Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: an update. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 171.
- Maselyne, J., Saeys, W. e Nuffel, A. Van. (2015). Review : Quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs. *Physiology & Behavior*, 138, 37-51.
- Massari, J.M. (2014). Diferentes padrões de divisões de sexos para alojamento de suínos criados em sistema “wean to finish”. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - Brasil.
- Matthews, S. G., Miller, A. L., Clapp, J., Plötz, T., & Kyriazakis, I. (2016). Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *The Veterinary Journal*, 217, 43-51.
- Meese, G. B., & Ewbank, R. (1973). The establishment and nature of the dominance hierarchy in the domesticated pig. *Animal behaviour*, 21(2), 326-334.
- Mench, J. (1998). Why it is important to understand animal behavior. *ILAR journal*, 39(1), 20-26.
- Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., van Reenen, C.G., Richard, S., Veissier, I. (2007). Exploration of the hypothalamic - pituitary - adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. 92. 317-339.
- Mota, D. P. N. (2010). Importância dos ritmos circadianos na Nutrição e Metabolismo: Monografia: Importance of circadian rhythms in Nutrition and Metabolism.
- Moura, D. J., Silva, W. T., Naas, I. A., Tolón, Y. A., Lima, K. A. O., & Vale, M. M. (2008). Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(1), 11-18.
- Nater, U. M., & Rohleder, N. (2009). Salivary alpha-amylase as a non-invasive biomarker for the sympathetic nervous system: current state of research. *Psychoneuroendocrinology*, 34(4), 486-496.
- O'Connell, N. E., Beattie, V. E., & Moss, B. W. (2004). Influence of replacement rate on the welfare of sows introduced to a large dynamic group. *Applied Animal Behaviour Science*, 85(1-2), 43-56.
- Órfão, I., & Stilwell, G. (2012). Enriquecimento ambiental em suiniculturas: vantagens, desvantagens e lacunas no conhecimento.
- Pandorfi, H., Silva, I. D., Carvalho, J. D., & Piedade, S. M. S. (2006). Estudo do comportamento bioclimático de matrizes suínas alojadas em baias individuais e coletivas, com ênfase no bem-estar animal na fase de gestação. *Engenharia Rural*, 17(1), 1-10.
- Pearce, S. C., Gabler, N. K., Ross, J. W., Escobar, J., Patience, J. F., Rhoads, R. P., & Baumgard, L. H. (2013). The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *Journal of animal science*, 91(5), 2108-2118.
- Petherick, J. C., & Blackshaw, J. K. (1987). A review of the factors influencing the aggressive and agonistic behaviour of the domestic pig. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 27(5), 605-611.
- Rico, J. (2019). Condicionamento Ambiental em Suínos na Fase de Crescimento e Engorda. Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica. Universidade de Évora. Évora - Portugal.
- Rodrigues, N. E. B., Zangeronimo, M. G., & Fialho, E. T. (2010). Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Revista Eletrônica Nutritime*, 7, 1197-1211.
- Rostagno, M. H., Eicher, S. D., & Lay Jr, D. C. (2011). Immunological, physiological, and behavioral effects of Salmonella enterica carriage and shedding in experimentally infected finishing pigs. *Foodborne pathogens and disease*, 8(5), 623-630.

- RuralCentro. (2013). COMO SURTIU A PREOCUPAÇÃO COM O BEM-ESTAR ANIMAL? Disponível em: <http://ruralcentro.uol.com.br/analises/como-surgiu-a-preocupacao-com-o-bem-estar-animal-3641#y=1000>
- Rushen, J., Chapinal, N., & De Passille, A. M. (2012). Automated monitoring of behavioural-based animal welfare indicators. *Animal Welfare-The UFAW Journal*, 21(3), 339.
- Sacristán, A. G., Montijano, F. C., Palomino, L. F. de la C., Gallego, J. G., Silanes, M. D. M. L. de, Ruiz, G. S. (1998). *Fisiologia Veterinária* (3ª edição). McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Scheffler, K., Stamer, E., Traulsen, I., & Krieter, J. (2016). Relationship between behavioural tests and agonistic interactions at different age levels in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 177, 19-24.
- Schrøder-Petersen, D. L., & Simonsen, H. B. (2001). Tail biting in pigs. *The Veterinary Journal*, 162(3), 196-210.
- Seddon, Y. (2011). *Development of improved disease monitoring tools and management strategies to promote health in finishing pigs* (Tese de Doutorado, Newcastle University, Newcastle).
- Snowdon, C. T. (1999). O significado da pesquisa em comportamento animal. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 4(2), 365-373.
- Soerensen, D. D., & Pedersen, L. J. (2015). Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta veterinaria scandinavica*, 57(1), 5.
- Sousa, P. (2005). Exigências atuais de bem-estar animal e sua relação com a qualidade da carne.
- Souza, B. B., & Batista, N. L. (2012). Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. *Agropecuária científica no semiárido*, 8(3), 06-10.
- Stukenborg, A., Traulsen, I., Puppe, B., Presuhn, U., & Krieter, J. (2011). Agonistic behaviour after mixing in pigs under commercial farm conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 129(1), 28-35.
- Taylor, N. R., Main, D. C., Mendl, M., & Edwards, S. A. (2010). Tail-biting: a new perspective. *The Veterinary Journal*, 186(2), 137-147.
- Temple, D., Manteca, X., Velarde, A., & Dalmau, A. (2011). Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 131(1-2), 29-39.
- van Milgen, J., Quiniou, N., & Noblet, J. (2000). Modelling the relation between energy intake and protein and lipid deposition in growing pigs. *Animal Science*, 71(1), 119-130.
- Velarde, A., Dalmau, A., Keeling, L., & Veissier, I. (2009). Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs).
- Velarde, A., & Dalmau, A. (2012). Animal welfare assessment at slaughter in Europe: Moving from inputs to outputs. *Meat science*, 92(3), 244-251.
- Vieira, A., Ajuda, I., & Stilwell, G. (2011). Bem estar de ruminantes. *Awin animal welfare indicators*, 46-48.
- Vieuille-Thomas, C., Le Pape, G., & Signoret, J. P. (1995). Stereotypies in pregnant sows: indications of influence of the housing system on the patterns expressed by the animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 44(1), 19-27.
- Vining, R. F., McGinley, R. A., Maksvytis, J. J., & Ho, K. Y. (1983). Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Annals of clinical biochemistry*, 20(6), 329-335.
- Zhang, Z., Zhang, H., & Liu, T. (2019). Study on body temperature detection of pig based on infrared technology: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 1, 14-26.

4. Sistemas de Monitorização

Vasco Fitas da Cruz, Fátima Baptista, José Carlos Rico e Diogo Rezende Coelho

Existem diferentes equipamentos tecnológicos (termómetros, sensores capacitivos, anemómetros, câmaras de vídeo, sistemas de pesagem automáticos, etc.) que são utilizadas em zootecnia de precisão desde o início do século XXI. Os métodos de medição eletrónica dos componentes críticos do sistema de produção, associados a adequadas ferramentas informáticas (software) e modelos matemáticos, vislumbram enormes possibilidades para a obtenção de informação relativa aos animais e ao ambiente que os rodeia. Assim, segundo Whates et al. (2008) e Fournel et al. (2017), através de um adequado controlo destes processos conseguir-se-á auxiliar os produtores nas suas tomadas de decisão que os levem a alcançar a produtividade animal ideal.

Monitorização dos parâmetros ambientais

Os parâmetros ambientais geralmente associados ao conforto térmico no interior de instalações pecuárias animal incluem a temperatura ambiente, a humidade e a velocidade do ar. Atualmente existe uma tendência para alargar o leque de parâmetros associados à definição do conforto térmico, destacando-se a concentração de gases, a radiação e a luminosidade.

Estes parâmetros caracterizam, em termos gerais, o ambiente térmico onde os animais se encontram (Fournel et al., 2017) e são medidos na zona em que os animais estão confinados (Eigenberg et al., 2009). Isto permite que a informação obtida e disponibilizada aos produtores seja mais precisa e atualizada, o que facilita no processo de tomada de decisão.

Temperatura

Os dispositivos que medem a temperatura ambiente registam a alteração de algumas propriedades físicas (Doebelin e Manik, 2007). As temperaturas ambientais das instalações pecuárias podem ser medidas com sucesso através de alguns sensores, tais como, termopares ou termístores. Os termopares medem a temperatura ambiente através da tensão térmica associada a metais dissimilares e oferecem algumas vantagens como a sua durabilidade, custos relativamente baixos e versatilidade. Por outro lado, os termístores baseiam-se na resistência elétrica dos metais e têm a vantagem de serem muito mais sensíveis e tolerantes a grandes diferenças de temperatura do que os termopares, no entanto, a sua construção torna-os mais frágeis (Eigenberg et al., 2009; Frost et al., 1997).

Humidade

As investigações feitas mostram que em ambientes rigorosos, como instalações pecuárias, os métodos de condutividade térmica podem ser utilizados com sucesso na determinação do teor de vapor de água presente na instalação.

Nas instalações pecuárias, é geralmente utilizado um termístor combinado com um sensor de humidade relativa (0 e 100%), protegido por um filtro de aço inoxidável sinterizado para medição da humidade relativa do ar (Banhazi, 2009; Fournel et al., 2012). Estes sensores podem trabalhar numa variada gama de temperaturas e sob a presença de gases corrosivos e poeiras. A sua precisão diminui ligeiramente quando as temperaturas são demasiado baixas (inferiores a 0° C).

Velocidade do ar

A velocidade do ar é medida na vizinhança do animal para captar as trocas de calor e massa do animal (Eigenberg et al., 2009). A velocidade do ar pode ser medida por anemómetros de vários tipos, com base em métodos mecânicos, em

relações de pressão, em princípios térmicos e no efeito Doppler. Estes aparelhos são instrumentos muito sensíveis e facilmente afetados por vestígios de poeira (Eigenberg et al., 2009).

Em aplicações na produção animal, são comuns dois tipos de anemômetros, dependendo do tipo de fluxo de ar que está a ser medido: anemômetros de fio quente e anemômetros de hélice. Um anemómetro de fio quente é o instrumento de eleição para aplicações de baixa velocidade de ar, tais como 0,25 m/s (condições que se verificam no interior de muitas instalações pecuárias). O anemómetro de hélice é um instrumento mais robusto que é bem adequado para medir correntes de ar. Estes anemómetros não medem velocidades de ar baixas (inferiores a 0,25 m/s) porque a massa da pá requer uma significativa quantidade de ar em movimento para rodar (Fabian-Wheeler, 2012).

Concentração de gases

A maioria dos sensores disponíveis no mercado para a medição da concentração de gases apresenta três princípios de funcionamento distintos: sensores resistivos, óticos e eletroquímicos (Gomes, 2015).

De acordo com Aleixandre e Gerboles (2012), o princípio de medição dos sensores resistivos é baseado na variação da resistência ou condutividade de um óxido de metal quando exposto a diferentes concentrações de um determinado composto gasoso. Dentro dos sensores óticos, o principal tipo de sensor utilizado na medição de compostos gasosos é o sensor por absorção de infravermelho, no entanto existem também os sensores de fotoionização, baseados no potencial de ionização como princípio de funcionamento (Castell et al., 2013). Os sensores eletroquímicos podem ser divididos, de acordo com o princípio de operação, em três classes: amperimétricos, potenciométricos e condutimétricos. No sensor eletroquímico amperimétrico, quando a célula eletroquímica para medição de gases é exposta a uma atmosfera gasosa que contém um composto eletroativo são desencadeadas reações eletroquímicas de oxidação-redução (Jacquinot et al.,

1999); no sensor eletroquímico potenciométrico, as reações eletroquímicas ocorridas no sensor permitem que a tensão em circuito aberto entre os dois eletrodos seja medida, sendo essa tensão normalmente proporcional ao logaritmo da concentração do gás (Stetter e Li, 2008); e no sensor condutimétrico, segundo Janata (2010), a concentração do gás alvo é relacionada com a leitura da condutância da célula eletroquímica, sendo esta recíproca da resistência.

Radiação

A energia radiante é geralmente medida através da detecção das alterações de temperatura de uma superfície exposta à radiação ou pela resposta de uma célula fotoelétrica. Os piranômetros, que medem a radiação total, direta e difusa, são o tipo mais comum de instrumentos utilizados para quantificar a radiação solar em estudos que envolvem animais. Um piranômetro tem uma cúpula de vidro que permite que o espectro solar aqueça áreas brancas e pretas e corrija os efeitos de cosseno em diferentes ângulos solares (Fournel et al., 2017).

Por outro lado, o termómetro de globo Vernon é o instrumento padrão para medir a temperatura do globo negro, sendo composto por uma esfera de cobre vazia de 150 mm e paredes pintadas de preto no exterior, contendo um termómetro de bulbo seco não revestido no centro da esfera. Este integra a troca de calor radiante e o aquecimento por convecção ou arrefecimento num único valor que pode ser utilizado para calcular a temperatura média radiante (Eigenberg et al., 2009).

Luminosidade

A quantidade de luz, ou fluxo luminoso, projetada, por segundo, numa unidade de área de uma superfície (luminância) é medida por um instrumento chamado luxímetro. A unidade de medida é o lux. Um lux é igual a um lúmen por metro quadrado (lm/m^2) (Pedroso et al., 2016). Este tipo de equipamento consiste basicamente numa célula fotoelétrica ligada a um miliamperímetro. A

célula fotoelétrica é um material semicondutor e sensível à luz. Quando a luz incide sobre a célula fotoelétrica, ocorre a formação de corrente no semicondutor, que é medida no amperímetro através de uma escala graduada para medir o nível de iluminância (Pedroso et al., 2016).

Monitorização dos parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos geralmente mais relacionados com o bem-estar animal incluem, além da temperatura interna, a temperatura da superfície corporal, a taxa de respiração, a frequência cardíaca e a variação de peso corporal. Podem haver algumas dificuldades associadas às medições destes parâmetros, uma vez que as intrusões para recolher as informações nos animais podem influenciar e levar a alterações nos resultados finais (Fournel et al., 2017). Por este motivo, as técnicas evasivas (não invasivas) encontram-se em pleno desenvolvimento.

Temperatura da superfície corporal

Os registos de dados eletrónicos de confiança e fácil acesso, têm sido utilizados em conjunto com alguns dispositivos (termopares, infravermelhos e termístores) para medições contínuas de temperatura desde a década de 80, de modo a substituir as medições efetuadas por termómetros de mercúrio (Eigenberg et al., 2009).

No entanto, a medição remota da temperatura superficial não é simples. Podem haver algumas dificuldades associadas, dependendo da localização da medição, uma vez que a função fisiológica da parte do corpo em questão, ou o nível de invasividade do dispositivo, pode causar alterações na temperatura do animal (Sellier et al., 2014). Neste sentido, a análise termográfica, através de câmaras térmicas, assume-se cada vez mais como uma técnica não invasiva de

mapeamento da temperatura da superfície corporal, permitindo também estimar perdas de calor entre o animal e o ambiente (Nascimento et al., 2011).

Taxa de respiração

A taxa de respiração é de particular interesse como resposta fisiológica, pelo facto de um grande número de estudos ter mostrado a sua correlação com a temperatura do bulbo seco, a radiação solar e a velocidade do ar. A taxa de respiração mostrou assim ser um bom indicador de stress térmico. Além disso, também tem a vantagem de ser facilmente observável e demonstrar um pequeno tempo de atraso em relação às variações de temperatura (Eigenberg et al., 2009).

O equipamento automatizado para medir a taxa de respiração existente é bastante limitado. A taxa de respiração pode ser detetada utilizando um dispositivo adaptado que é colocado no nariz do animal, contudo este método não tem sido muito utilizado (Eigenberg et al., 2000; Frost et al., 1997). Uma vez que os suínos passam grande parte do seu tempo na posição de repouso e têm movimentos respiratórios menos definidos em comparação com outros animais, Eigenberg et al. (2002) decidiu gravar a componente audível da respiração do porco. O sensor era um pequeno microfone colocado sob a garganta e seguro com uma banda elástica padrão.

Espera-se que o desenvolvimento de métodos de aquisição de dados remotos permita a construção de sistemas de monitorização sem contacto para a medição da taxa de respiração de várias espécies animais.

Variação do peso corporal

O peso de um animal é um indicador importante do seu bem-estar (Broom e Molento, 2004; Baptista et al., 2011). Qualquer alteração no sentido descendente de peso dos animais pode indicar um alerta precoce de problemas de saúde ou simplesmente problemas com equipamentos de alimentação ou ventilação (Frost

et al., 1997). As medidas tradicionais para medir o peso de suínos, bovinos e aves requerem o deslocamento do animal para os aparelhos de pesagem no chão ou em elevação (balanças mecânicas e eletrônicas), o que é, fisicamente, um fator de stress tanto para o animal como para o trabalhador (Brandl e Jørgensen, 1996; Li et al., 2013). Para reduzir o stress, foram desenvolvidas balanças de auto acesso, tais como plataformas de pesagem eletrônicas com alimentadores individuais incorporados, ou balanças de medição baseadas na locomoção de suínos através de um sistema de passadeiras (Gates et al., 1995). Estes dispositivos podem ser monitorizados através de um computador que determina o peso entre cada registo, armazena cada leitura e fornece uma distribuição do peso do grupo de animais ao responsável da exploração (Fournel et al., 2017).

Também existem métodos indiretos para a medição do peso vivo que minimizam o stress sobre os animais. A correlação significativa entre o peso vivo e as dimensões de um animal conduziu muitos autores a estudar a possibilidade de estimar o peso corporal a partir das características físicas (Enevoldsen e Kristensen, 1997; Heinrichs et al., 1992).

Outra forma de medir a massa indiretamente, em suínos, é utilizar a técnica de visão mecânica (Banhazi et al., 2011; Kollis et al., 2007). Uma vez que existe uma forte correlação entre o peso de um animal e a sua área de visão plana, foi desenvolvido um sistema que inclui uma câmara de vídeo ligada a um computador equipado com software apropriado para quantificar a resultante da relação. Assim, os algoritmos do computador segmentam os corpos, extraem a sua área de visão e, de seguida, estimam o peso do animal (Frost et al., 1997; Wang et al., 2008).

Outro sistema de pesagens são as máquinas de alimentação automática que possuem um sistema RFID (identificação por rádio frequência) e uma balança. Isto permite que o animal seja identificado e pesado sempre que se está a alimentar (Maselyne, 2015). Os dados de todas as leituras são armazenados e colocados à disposição do produtor, de modo a que seja possível monitorizar e controlar de um modo mais eficiente o crescimento dos animais.

Monitorização dos parâmetros comportamentais

A monitorização dos comportamentos animais, nomeadamente em relação ao seu posicionamento e à sua atividade, tem sido efetuada com sucesso através de alguns aparelhos eletrónicos, nomeadamente, câmaras de vídeo (Eigenberg et al., 2009).

Os parâmetros comportamentais geralmente mais relacionados com o bem-estar animal incluem o consumo e comportamento alimentar, o consumo de água, o comportamento animal em geral, a presença e atividade e o índice de ocupação de espaço. Estes indicadores podem ser úteis para determinar o estado de saúde dos animais, bem como o estado fisiológico.

Alimentação e consumo de água

A ingestão de alimentos, a ingestão de água e o comportamento alimentar tornaram-se indicadores úteis do estado de saúde dos animais (Brown-Brandl et al., 2013; Kashiha et al., 2013). O consumo de ração e alterações no comportamento alimentar podem estar relacionadas com as condições térmicas (Cruz, 1997). Alguns sistemas que medem a ingestão alimentar, em conjunto com o comportamento alimentar (duração da refeição, intervalo de refeição, número de refeições por dia e tempo total consumido), têm sido testados em suínos (Brown-Brandl et al., 2013; Chapinal et al., 2008). Estes sistemas estão equipados com uma antena que deteta através de um transponder de radiofrequência, localizado na marca de orelha do animal, a sua aproximação ao comedouro ou ao recipiente de água. Para cada abordagem, um computador regista os dados enviados pela antena, que incluem o número do animal, o número do compartimento, o tempo de permanência e o peso, calculando depois a duração da visita e a ingestão. Outros sistemas como as estações automáticas de alimentação, podem incluir também com um sistema de pesagem eletrónica do animal, durante o período de alimentação (Fournel et al., 2017).

Comportamento animal, presença e atividade

O comportamento de um animal pode ser um indicador claro do seu estado fisiológico, uma vez que permite perceber que:

(i) um animal doente pode ser menos ativo do que um animal saudável;

(ii) os animais em ambiente frio podem amontoar-se para se aquecer;

(iii) o nível de atividade de um animal pode estar relacionado com o seu estado no ciclo reprodutivo (Frost et al., 1997).

Os dados sobre a atividade comportamental são habitualmente recolhidos por uma pessoa através da observação direta ou da análise de gravações de vídeo. No entanto, estes métodos consomem tempo e mão-de-obra (Müller e Schrader, 2003).

O registo automático da atividade (deitado, parado e em movimento) pode ser obtido utilizando uma variedade de sistemas de sensores: sensores de proximidade ultrassónicos (Hillman et al., 2000), interruptores de mercúrio (Ouellet et al., 2016), pedómetros (Brehme et al., 2004) e acelerómetros (Diosdado et al., 2015; Ouellet et al., 2016). No entanto, o comportamento animal é muito mais complexo do que um simples registo da sua atividade numa determinada área. A capacidade de reconhecer eletronicamente um comportamento animal específico (comer, lutar, morder) requer o desenvolvimento de um sistema de visão por computador. As informações podem ser recolhidas utilizando imagens digitalizadas, definindo componentes-chave das mesmas e recorrendo a equações numéricas. As imagens são produzidas por uma variedade de dispositivos físicos, incluindo câmaras fotográficas e de vídeo, radares e aparelhos de ultrassom. O sistema é, deste modo, calibrado atribuindo comportamentos baseados na observação visual e determinando os valores dos parâmetros a partir das equações numéricas. Em vídeos posteriores, os comportamentos podem ser identificados com base apenas nos valores dos parâmetros (Kristensen et al., 2006; Viazzi et al., 2014).

Índice de ocupação de espaço

Os animais adotam alguns comportamentos para ajudar nos processos de termorregulação. Estes comportamentos caracterizam-se pela distribuição espacial dos animais e se estes procuram zonas mais frescas ou mais quentes, consoante as suas necessidades. Quando a temperatura ambiente é considerada baixa, segundo os estudos sobre os indicadores a incluir nos protocolos de avaliação de bem-estar animal do Welfare Quality®, concluiu-se que a deteção ou a ausência de porcos de engorda amontoados permite determinar o grau de conforto térmico. Por outro lado, temperaturas elevadas potenciam a que os animais estejam mais tempo deitados e afastados (Costa, 2015).

Atualmente é possível monitorizar a ocupação de espaço dos animais através de câmaras de vídeo e softwares de análise de imagem. Os índices de ocupação de espaço são calculados através de algoritmos que, com o auxílio da imagem de câmaras de vídeo, detetam a distribuição espacial dos animais (Berckmans, 2014). Isto permite detetar diversos problemas no interior das instalações de suínos.

Pequena nota sobre Controlo, alerta e atuação

Atualmente, os controladores ambientais utilizam pontos de ajuste de variáveis ambientais, que se supõe serem ótimas para um animal. Estes set-points foram derivados de uma combinação de pequenas experiências de laboratório. Apesar da aplicação de técnicas modernas, essa abordagem nem sempre resulta no processo esperado, porque simplifica demasiado as interações complexas entre um animal e o seu ambiente (Pandorfi et al., 2012). A dependência de novas formas de aquisição de informação nas explorações pecuárias, através de ferramentas de zootecnia de precisão, deve ter a capacidade de ativar práticas de gestão animal que sejam mais sensíveis aos sinais do mercado (Fournel et al., 2017).

As tecnologias de zootecnia de precisão abrangem:

(i) métodos para medir eletronicamente os componentes críticos dos sistemas de produção relacionados com a eficiência do uso dos recursos;

(ii) ferramentas de software destinadas a interpretar as informações captadas;

(iii) o controlo dos processos para garantir a produtividade animal ideal (Fournel et al., 2017).

Os sistemas de monitorização e controlo, em tempo real, permitem melhorar significativamente a eficiência da produção das empresas pecuárias (Banhazi e Black, 2009; Kuczynski et al., 2011). No entanto, torna-se necessário caracterizar com precisão as condições ambientais e prever o seu impacto nos desempenhos e bem-estar dos animais, pelo que ao longo das duas últimas décadas, surgiram uma série de novas tecnologias associadas à ventilação, aquecimento e arrefecimento das instalações pecuárias e foram feitos avanços, ainda que limitados, no desenvolvimento de algoritmos de controlo.

Para obter maior benefício com as novas tecnologias disponíveis, é necessário integrar mais conhecimento sobre a interação entre as respostas dos animais e as ações de controlo nos algoritmos aplicados (Banhazi et al., 2009).

Em relação aos sensores utilizados, existe uma ampla variedade destes equipamentos que podem ser utilizados para medir variáveis ambientais, fisiológicas e comportamentais. Contudo ainda é necessário desenvolver equipamentos com custo reduzido para medir, armazenar e analisar variáveis como a temperatura corporal, a humidade e o comportamento que funcionem bem em ambientes agressivos, não invasivos e capazes de funcionar de forma automática e contínua (Wathes et al., 2008).

Tendo em consideração os consecutivos avanços tecnológicos no setor agropecuário e as preocupações com o bem-estar animal, surge cada vez mais a necessidade de desenvolver uma estratégia inovadora para o controlo do ambiente térmico das instalações pecuárias (figura 4) e que incluía:

(i) Detecção contínua, a uma frequência adequada, de parâmetros ambientais (temperatura ambiente e humidade, velocidade do ar, radiação solar, qualidade do ar, etc.) e, dependendo da complexidade do sistema, respostas comportamentais (taxa de crescimento, temperatura corporal, frequência cardíaca e respiratória, movimentação, grau de aglomeração entre os animais, ingestão de alimentos e água, etc.);

(ii) Armazenamento de dados;

(iii) Interpretação de dados utilizando modelos de simulação de resposta biológica, tais como índices de conforto animal que predizem, em tempo real, o resultado dinâmico de cada variável à medida que as condições ambientais variam (Fournel et al., 2017);

(iv) Um sistema de controlo online que desencadeie, com base em critérios previamente determinados ou estabelecidos, mecanismos de alerta e de atuação que modifiquem o microambiente do interior das instalações pecuárias quando os limites críticos são violados (Wathes et al., 2008).

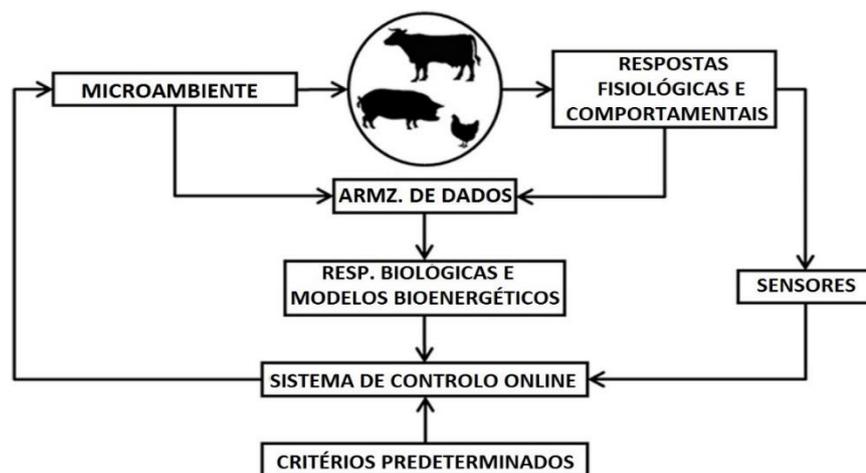


Figura 4 - Visão geral esquemática dos principais componentes do controlo ambiental da zootecnia de precisão (adaptado de: Aerts et al., 2003, Vansteelant et al., 1988 citados por Fournel et al., 2017; Wathes et al., 2008)

Bibliografia

Alexandre, M., & Gerboles, M. (2012). Review of small commercial sensors for indicative monitoring of ambient gas. *Chem. Eng. Trans*, 30.

- Gomes, P. A. M. V. (2015). *Utilização de sensores de baixo custo na medição de monóxido de carbono no ar ambiente* (Dissertação de estrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto).
- Banhazi, T. M. (2009). User friendly air quality monitoring system. *Applied Engineering in Agriculture*, 25(2), 281-290.
- Banhazi, T. M. & Black, J. L. (2009). Livestock Farming: A suite of electronic systems to ensure the application of best practice management on livestock farms. *Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering*, 7(1).
- Banhazi, T. M., Rutley, D., Parkin, B. J., & Lewis, B. (2009). Field evaluation of a prototype sensor for measuring feed disappearance in livestock buildings. *Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering*, 7(1), 27-38.
- Banhazi, T. M., Tschärke, M., Ferdous, W. M., Saunders, C., & Lee, S. H. (2011). Improved image analysis based system to reliably predict the live weight of pigs on farm: Preliminary results. *Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering*, 8(2), 107-119.
- Baptista, R. I. A. de A., Bertani, G. R., & Barbosa, C. N. (2011). Indicadores do bem-estar em suínos, *Ciência Rural*, 41(10), 1823-1830. 79
- Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, 33(1), 189-196.
- Brandl, N., & Jørgensen, E. (1996). Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. *Computers and electronics in agriculture*, 15(1), 57-72.
- Brehme, U., Stollberg, E., Holz, R., & Schleusener, T. (2004). Safer oestrus detection with sensor aided ALT-pedometer. In *Third Internatl. Wkshp. on Smart Sensors in Livestock Monitoring Proc.*, Sept. 10-11, Leuven, Belgium.
- Broom, D. M., & Molento, C. F. M. (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – revisão. *Archives of Veterinary Science*, 9(2), 1-11.
- Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A., & Eigenberg, R. A. (2013). Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and electronics in agriculture*, 96, 246-252.
- Castell, N., Viana, M., Minguillón, M. C., Guerreiro, C., & Querol, X. (2013). Real-world application of new sensor technologies for air quality monitoring. *ETC/ACM Technical Paper*, 16.
- Chapinal, N., Ruiz-de-la-Torre, J. L., Cerisuelo, A., Baucells, M. D., Gasa, J., & Manteca, X. (2008). Feeder use patterns in group-housed pregnant sows fed with an unprotected electronic sow feeder (Fitmix). *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 11(4), 319-336.
- Costa, M. R. (2015). *Avaliação do bem-estar em porcos de engorda na exploração e no matadouro*. (Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa).
- Cruz, V. F. (1997). *Influência da estação do ano sobre as performances do porco em fase de crescimento e acabamento. Sua relação com a densidade de alojamento e a concentração energética da dieta*. (Tese de Doutorado. Universidade de Évora, Évora).
- Diosdado, J. A. V., Barker, Z. E., Hodges, H. R., Amory, J. R., Croft, D. P., Bell, N. J., & Codling, E. A. (2015). Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry*, 3(1), 15.
- Doebelin, E. O., & Manik, D. N. (2007). Measurement systems: application and design.

- Eigenberg, R. A., Bucklin, R. A. & Brown-brandl, T. M. (2009). Chapter 6: Instrumentation for Research and Management in Animal Agriculture. In *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*. Ed. J. A. DeShazer, ch:6, 131-149. Moscow, Idaho, USA: ASABE
- Eigenberg, R. A., Brown-Brandl, T., & Nienaber, J. A. (2002). Development of a respiration rate monitor for swine. *Transactions of the ASAE*, 45(5), 1599.
- Eigenberg, R. A., Hahn, G. L., Nienaber, J. A., Brown-Brandl, T. M., & Spiers, D. E. (2000). Development of a new respiration rate monitor for cattle. *Transactions of the ASAE*, 43(3), 723.
- Enevoldsen, C., & Kristensen, T. (1997). Estimation of body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. *Journal of dairy science*, 80(9), 1988-1995.
- Fabian-Wheeler, E. (2012). Evaluating air quality in livestock housing environments. Air quality education in animal agriculture. *eXtension*, 14.
- Fournel, S., Pelletier, F., Godbout, S., Lagacé, R., & Feddes, J. J. R. (2012). Odour emissions, hedonic tones and ammonia emissions from three cage layer housing systems. *Biosystems Engineering*, 112(3), 181-191.
- Fournel S., Rousseau, A. N. & Laberge, B. (2017). Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. *Biosystems Engineering* 155. 96-123.
- Frost, A. R., Schofield, C. P., Beulah, S. A., Mottram, T. T., Lines, J. A., & Wathes, C. M. (1997). A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and electronics in agriculture*, 17(2), 139-159.
- Gates, R. S., Turner, L. W., Chi, H., & Usry, J. L. (1995). Automated weighing of group-housed, growing-finishing swine. *Transactions of the ASAE*, 38(5), 1479-1486.
- Heinrichs, A. J., Rogers, G. W., & Cooper, J. B. (1992). Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *Journal of dairy science*, 75(12), 3576-3581.
- Hillman, P. E., Gebremedhin, K. G., Aneshansley, D., & Landers, A. (2000). Design of a new cooling system for dairy cows in freestall facilities. *Design of a new cooling system for dairy cows in freestall facilities.*, 1-11.
- Jacquinet, P., Hodgson, A. W., Hauser, P. C., Müller, B., & Wehrli, B. (1999). Amperometric detection of gaseous ethanol and acetaldehyde at low concentrations on an Au-Nafion electrode. *Analyst*, 124(6), 871-876.
- Janata, J. (2010). *Principles of chemical sensors*. Springer Science & Business Media.
- Kashiha, M., Bahr, C., Haredasht, S. A., Ott, S., Moons, C. P., Niewold, T. A., ... & Berckmans, D. (2013). The automatic monitoring of pigs water use by C amaras. *Computers and Electronics in Agriculture*, 90, 164-169.
- Kollis, K., Phang, C. S., Banhazi, T. M., & Searle, S. J. (2007). Weight estimation using image analysis and statistical modelling: A preliminary study. *Applied engineering in agriculture*, 23(1), 91-96.
- Kristensen, H. H., Aerts, J. M., Leroy, T., Wathes, C. M., & Berckmans, D. (2006). Modelling the dynamic activity of broiler chickens in response to step-wise changes in light intensity. *Applied animal behaviour science*, 101(1-2), 125-143.

- Kuczynski, T., Blanes-Vidal, V., Li, B., Gates, R. S., de Alencar Naas, I., Moura, D. J., ... & Banhazi, T. M. (2011). Impact of global climate change on the health, welfare and productivity of intensively housed livestock. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 4(2), 1-22.
- Li, Z., Luo, C., Teng, G., & Liu, T. (2013). Estimation of pig weight by machine vision: A review. In *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Springer, Berlin, Heidelberg (pp. 42-49).
- Maselyne, J., Saeys, W. e Nuffel, A. Van. (2015). Review : Quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs. *Physiology & Behavior*, 138, 37-51.
- Müller, R., & Schrader, L. (2003). A new method to measure behavioural activity levels in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 83(4), 247-258.
- Nascimento, G. R., Nääs, I. A., Pereira, D. F., Baracho, M. S., & Garcia, R. (2011). Assessment of broiler surface temperature variation when exposed to different air temperatures. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13(4), 259-263.
- Ouellet, V., Vasseur, E., Heuwieser, W., Burfeind, O., Maldague, X., & Charbonneau, É. (2016). Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 99(2), 1539-1548.
- Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., & Guiselini, C. (2012). Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(2).
- Pedroso, L. S., Macêdo, J. A. D., Araújo, M. S. T. D., & Voelzke, M. R. (2016). Construction of a low-cost luximeter. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2).
- Sellier, N., Guettier, E., & Staub, C. (2014). A review of methods to measure animal body temperature in precision farming. *American Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(2), 74-99.
- Stetter, J. R., & Li, J. (2008). Amperometric gas sensors a review. *Chemical reviews*, 108(2), 352-366.
- Viazzì, S., Ismayilova, G., Oczak, M., Sonoda, L. T., Fels, M., Guarino, M., ... & Berckmans, D. (2014). Image feature extraction for classification of aggressive interactions among pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 104, 57-62.
- Wang, Y., Yang, W., Winter, P., & Walker, L. (2008). Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. *Biosystems Engineering*, 100(1), 117-125.
- Wathes, C. M., Kristensen, H. H., Aerts, J. & Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?, *Computers and electronics in agriculture*, 64(1), 2-10.

5. Projeto AWARTECH

Vasco Fitas da Cruz

Nota introdutória

A crescente exigência social pela qualidade dos produtos e as preocupações éticas e ambientais em relação aos sistemas de produção, obrigam os empresários agrícolas a um especial cuidado ao nível da racionalização de custos e aumento da eficiência da cadeia de valor.

A suinicultura é uma das atividades de produção animal onde se verifica maior grau de especialização. Em muitos países a produção de suínos tem vindo a ser fortemente criticada por questões como o bem-estar animal, a poluição ambiental, a utilização de antibióticos e as condições de trabalho no interior das explorações. Simultaneamente, verifica-se uma necessidade de aumentar a produção de alimentos e, conseqüentemente, uma forte tendência para a intensificação da produção, sendo isso considerado como um potencial fator de diminuição das condições do bem-estar animal. Neste contexto, é importante monitorizar de um modo preciso e em tempo real as condições de produção em geral e as de bem-estar animal, em particular, nas instalações de suínos. Atualmente a zootecnia de precisão disponibiliza um elevado leque de ferramentas que permitem não só monitorizar e controlar os sistemas de produção como também atuar em diversas componentes dos próprios sistemas, corrigindo situações imperfeitas ou anómalas.

O projeto AWARTECH pretendeu responder aos desafios que a produção animal enfrenta atualmente desenvolvendo uma ferramenta de zootecnia de precisão que corresponda às necessidades acima identificadas.

Descrição do problema

Durante o período de planeamento do projeto, na Europa dos 28, existiam cerca de 150 milhões de cabeças de suínos (Eurostat, 2015), dos quais mais de um terço se encontrava na Alemanha e em Espanha, contando esta última com 30 milhões de cabeças.

Em Portugal, a suinocultura é um dos mais importantes setores da atividade pecuária. Representa aproximadamente 25% do produto animal bruto e 10% do produto agrícola bruto. Esta fileira encontra-se numa necessária fase de mudança, com necessidade de crescer, de se reorganizar e redimensionar, enquadrando as tendências globais atuais, de modo a ser encarada como geradora de emprego e riqueza, contribuindo para a sustentabilidade e ocupação do espaço rural, em harmonia com os interesses do território e do ambiente.

Esta necessidade de mudança resulta de:

- **Redução do efetivo nacional e do número de explorações ao longo dos últimos 25 anos**

Portugal passou de uma taxa de autossuficiência na carne de porco de 100% em 1986 para 65% em 2015. De 1990 a 2015, o efetivo nacional de suínos diminuiu cerca 20%, ou seja, de 2.664.000 cabeças para cerca de 2.168.000 (Eurostat, 2015; INE, 2016). Esta redução não foi geograficamente uniforme, sendo menor no Alentejo em relação a outras regiões do país. Em 1990, 50% do efetivo encontrava-se na região de Lisboa e Vale do Tejo, 19,5% no Centro Litoral, 17% no Alentejo e os remanescentes 13,5% distribuídos pelas restantes regiões do país. Conforme é visível na figura 5, o peso da região do Alentejo tem vindo a aumentar no contexto da suinocultura nacional, representando 44% da produção nacional no ano de 2015.

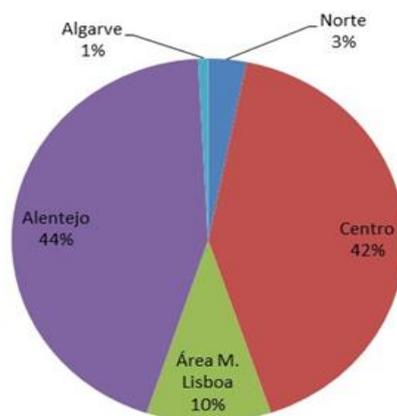


Figura 5 - Efetivo nacional de suínos por região administrativa em 2015 (Fonte: INE, 2016)

No que diz respeito ao número de explorações de suinicultura, a situação é idêntica à evolução do efetivo, com reforço da posição do Alentejo no contexto nacional, onde se podem encontrar cerca de 28% das explorações suinícolas (figura 6).

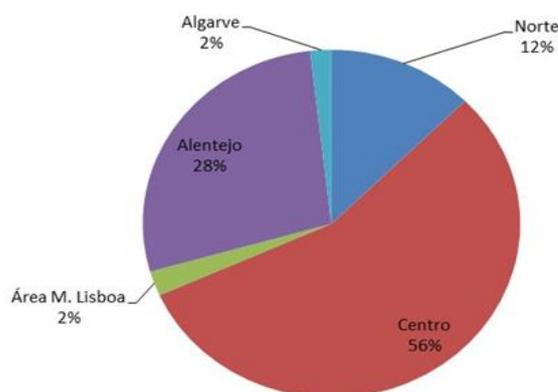


Figura 6 - Declaração de Existência de Explorações Suinícolas por região administrativa em 2015 (Fonte: INE, 2016)

- **Segmentação de ciclo e deslocalização da fase de crescimento e engorda para regiões do Interior**

O processo de segmentação das fases do ciclo produtivo com transferência das explorações destinadas à fase de crescimento e acabamento (engordas) para as regiões interiores do país, nomeadamente para o Alentejo, é assumida plenamente pelo setor de produção e uma realidade para a FPAS (Federação Portuguesa de Associações de Suinicultores). A segmentação e a deslocalização derivam da fraca competitividade que o setor se encontra a atravessar.

- **Falta de competitividade do setor**

A falta de competitividade da suinicultura nacional comparativamente com outros países da União Europeia, está relacionada com a dimensão e organização das explorações nacionais e com a sua forte dependência da importação de matérias-primas para a alimentação animal (o principal custo de produção). Isto tem levado ao aumento dos custos de produção e à impossibilidade de fazer repercutir esse aumento nos preços de mercado (FPAS, 2016). Acresce que esta situação é potenciada pela crise económica e financeira global e por mercados cada vez mais agressivos, exigentes em qualidade, melhor serviço, rastreabilidade dos produtos e sensíveis às questões éticas e ambientais.

- **Licenciamento e Funcionamento das instalações pecuárias**

As explorações pecuárias são licenciadas de acordo com o NREAP - Novo Regulamento do Exercício da Atividade Pecuária (Decreto Lei n.º 81/2013) e legislação específica e complementar. Como tal, existe a necessidade da adaptação das explorações (novas e existentes) à legislação em vigor no que respeita ao Bem-Estar animal (Diretiva 98/58/CE e Decreto Lei 64/2000), ao licenciamento ambiental, à qualidade e segurança alimentar, ao regulamento das edificações e aos sistemas de tratamento de efluentes (Portaria n.º 631/2009).

O não cumprimento das condições de bem-estar animal induz penalizações monetárias podendo mesmo significar a suspensão da atividade, para além de diminuir a eficiência produtiva e os resultados económicos. Esta adaptação pode ainda significar maiores necessidades de mão de obra especializada e maior investimento em sistemas de condicionamento ambiental dos pavilhões suinícolas, entre outros aspetos.

- **Dependência das condições climáticas e do condicionamento ambiental**

Os sistemas de condicionamento ambiental devem estar bem-adaptados ao manejo dos animais, ao tipo de construção e aos condicionalismos derivados das condições climáticas exteriores. Tais condições climáticas podem condicionar o bem-estar dos suínos e, conseqüentemente, as performances zootécnicas e os resultados económicos. Nas instalações nacionais é possível identificar constrangimentos ao nível do stress térmico derivados principalmente de um inadequado condicionamento ambiental dos pavilhões destinados a alojar os animais, entre outros aspetos.

Sendo importante em qualquer contexto, atuar em tempo real, seja para minimizar custos de produção suinícola, seja para garantir um adequado condicionamento ambiental, esta atuação é particularmente importante na região do Alentejo, onde as condições climáticas no inverno, e sobretudo no verão, são habitualmente extremas. As temperaturas de projeto para a média da região Alentejo, são de 0,7°C e de 33,0°C, respetivamente no inverno e verão, registando-se valores absolutos de -9,5°C, em Marvão e de 47,5°C, na Amareleja. Ou seja, estas condições de temperatura afastam-se bastante daquilo que é universalmente aceite como intervalo de temperatura ótimo para o porco em fase de crescimento e engorda (20°-25°C). Regista-se ainda que a estação fria é húmida e a estação quente é extremadamente seca, atingindo-se valores de humidade relativa inferiores a 15%, em algumas zonas do interior.

Face ao exposto, deduz-se que esta mudança, tão necessária, deverá ser suportada pelo surgimento de projetos com ideias ambiciosas e com um elevado nível de inovação.

Neste sentido, perante necessidade de mensurar e avaliar um conjunto de variáveis numa exploração suinícola e prever o seu impacto no bem-estar animal e nos resultados económicos, identificou-se a inexistência de uma ferramenta (algoritmo) que acomodasse, em simultâneo, o controlo ambiental versus

otimização da produção em tempo real e que permitisse desenvolver modelos preditivos e de simulação de suporte à tomada de decisão.

A complexidade do problema equacionado levou a que a empresa promotora do projeto (Equiporave Ibérica, Lda.) estabelecesse uma parceria com uma entidade do sistema científico e tecnológico nacional (Universidade de Évora) e com uma empresa de base tecnológica (Hexastep – Tecnologias de Informação, S.A.), que permitisse desenvolver a solução pretendida bem como fomentar práticas de inovação e de criação de valor.

Definição dos Objetivos

Os sistemas de produção em regime intensivo enfrentam atualmente enormes desafios ao nível do seu impacto ambiental. Para além disso, os parâmetros ambientais interiores de uma instalação, como mencionado anteriormente, têm um impacto direto sobre o bem-estar animal e, conseqüentemente, sobre as performances produtivas. Torna-se, assim, necessário que um conjunto de novas variáveis tecnológicas sejam identificadas e testadas, para que, no momento da planificação dos sistemas de condicionamento ambiental, seja possível a sua monitorização e controlo.

Os controladores ambientais atualmente existentes limitam-se a monitorizar variáveis ambientais, através dos seus sistemas de climatização, não mensurando o seu impacto no bem-estar animal, o que se reflete de forma negativa nos resultados económicos. Deste modo, existe a necessidade de que estes controladores ambientais atualmente existentes incorporem novos algoritmos, de forma a adaptar as suas operações em função do bem-estar dos animais, sendo este um dos componentes de inovação do projeto.

O propósito do AWARTECH foi criar e desenvolver uma ferramenta de zootecnia de precisão de suporte à sustentabilidade da cadeia de valor de suínos, num contexto multidimensional, e que atendesse à especificidade da produção, às imperfeições do mercado e à globalização.

Especificamente como objetivos, o AWARTECH pretendeu:

- Mensurar e avaliar um conjunto de variáveis ambientais e fisiológicas, de modo a minimizar o seu impacto no bem-estar animal e a sua repercussão nos fatores económicos da exploração;
- Contribuir para o avanço do conhecimento no desenvolvimento de metodologias de recolha de informação nos animais, em tempo real;
- Analisar a influência dos parâmetros ambientais (incluindo a qualidade do ar) no bem-estar de suínos em crescimento e engorda;
- Testar equipamentos e metodologia de recolha e monitorização de informação, relativa a indicadores de bem-estar animal, fornecida pelo próprio animal, em tempo real;
- Integrar toda a informação recolhida (nos animais, nos dados climáticos e nos sistemas áudio e vídeo) num algoritmo a colocar no software de controlo ambiental;
- Analisar a rentabilidade da utilização deste software e dos equipamentos sobre os quais irá atuar;
- Transferir o conhecimento resultante do projeto para os stakeholders;
- Estudar condições de replicabilidade da plataforma que permitam a adequação a outros contextos, nomeadamente outros sistemas de produção e a outras regiões.

Conceito e solução proposta

O condicionamento ambiental de instalações pecuárias envolve um conjunto de regras e procedimentos que devem ser ajustadas à legislação em vigor, ao bem-estar animal e aos objetivos produtivos. O seu objetivo é manter os parâmetros que caracterizam o ambiente físico no interior das explorações dentro de valores aceitáveis, os quais são referenciados, quer na legislação, quer em

recomendações técnicas. Manter estes valores, no seu conjunto, dentro dos parâmetros tidos como recomendados representa, em situações extremas de calor e frio como as que se verificam no Alentejo, um importante custo energético o qual é refletido nos custos de produção. Importa, assim, recolher informação objetiva sobre o modo como os animais reagem às variações destes valores e qual o peso que estes ajustamentos efetuados pelo animal têm nos custos de produção, nomeadamente no consumo de alimento, que representa quase 90% dos custos variáveis de produção, na fase de crescimento e engorda de suínos. Esta informação deverá também ser tomada em conta na planificação e operacionalidade dos sistemas de condicionamento ambiental, os quais são desenhados tendo em conta basicamente as condições climáticas exteriores e os valores de temperatura, e em alguns casos de humidade, que se pretendem manter no interior das instalações.

A produção animal em regime intensivo constitui uma importante fonte de rendimento na indústria agropecuária em Portugal e na Europa. A utilização da tecnologia no âmbito do conceito da Zootecnia de Precisão é de grande relevância para a monitorização do estado fisiológico dos animais, bem como para a melhoria da gestão da produção e do bem-estar animal.

A zootecnia de precisão, onde a presente solução técnica desenvolvida no âmbito do projeto AWARTECH se enquadra, é uma área de conhecimento que tem crescido com grande intensidade nos últimos anos. É uma ferramenta chave na procura de uma produção eficiente via soluções de gestão com base em tecnologias de monitorização e controlo dos parâmetros ambientais (interior e exterior), parâmetros fisiológicos, parâmetros comportamentais e parâmetros específicos centrados na produção.

No projeto AWARTECH a solução proposta assentou principalmente, na utilização de tecnologias de “smart-sensing”, que através de uma rede de sensores inteligentes recolhem continuamente, e em tempo real, dados associados aos animais e às características bioclimáticas dos ambientes de produção.

A utilização destas tecnologias desenvolvidas dentro do conceito de zootecnia de precisão, conforme apontam diversos estudos científicos, visam gerar melhorias de produtividade (quantidade e qualidade), de condições de bem-estar e redução de custos de produção, tornando os sistemas de produção (de aves, suínos, bovinos, etc.) mais competitivos.

Bibliografia

- Eurostat. (2015). Pig population - annual data. Disponível em: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=apro_mt_lspig&lang=en
- INE. (2016). Efetivo suíno por região geográfica. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0003106&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt
- FPAS. (2016). Agenda fpas 2014/2020. *Revista Suinicultura*, 52.

6. Etapas do Projeto AWARTECH

Vasco Fitas da Cruz, Rui Charneca, José Carlos Rio e Diogo Rezende Coelho

O Projeto AWARTECH iniciou-se em setembro de 2016, teve uma duração de 40 meses e desenvolveu-se numa primeira fase designada por “*small-lab*”, em ambiente de investigação, e numa segunda fase do projeto, em ambiente real de exploração, sendo esta designada por “*living-lab*”.

Instalação Experimental (*small-lab*)

A utilização e aplicação dos conceitos centrados no bem-estar animal seguem um conjunto de recomendações que, para o projeto AWARTECH, serviram de guião para o desenvolvimento de um protótipo, em ambiente de pequena escala (*small-lab*), onde foram testados e validados um conjunto de parâmetros e requisitos.

Decorreram 3 ensaios na sala de ambiente controlado da Herdade Experimental da Mitra (Universidade de Évora). Foram simuladas três condições ambientais diferentes: inverno (INV) - stress por frio (ensaio 1), termoneutralidade (TNZ) - ausência de stress (ensaio 2) e verão (VER) - stress por calor (ensaio 3).

Metodologia

a) Instalações

Na sala de ambiente controlado foi instalado um parque (figura 7) com uma área de 11,97 m² para alojar os animais. O parque possui uma fossa de dejeção lateral e está equipado com uma máquina de alimentação automática (*Schauer Compident MLP II*) e dois bebedouros de taça com tetina. O pavimento da instalação é parcialmente em betão, revestido com ladrilhos antiderrapantes.

Como as paredes e a cobertura têm um bom nível de isolamento térmico, as trocas de calor através da envolvente são residuais.



Figura 7 - Sala de ambiente controlado da Mitra (Fonte: elaboração própria)

O ajustamento das condições ambientais foi efetuado através de sistemas de ventilação, aquecimento e arrefecimento.

O sistema de ventilação é composto por dois extratores verticais. A entrada de ar efetua-se inicialmente por uma abertura lateral perto do teto. O ar exterior entra em primeiro lugar para um teto falso (o que permite que não incida diretamente nos animais) e entra em contacto com os animais posteriormente através de 4 aberturas de ar em cada canto do teto falso. A saída de ar ocorre através dos extratores verticais. Em alternativa a este sistema, existe um sistema de ventilação natural por janelas. Este sistema funciona como sistema anti-asfixia, sendo acionado somente quando se verificam falhas no sistema principal.

O aquecimento da instalação é feito através de um sistema convencional de aquecimento do espaço, através de gás (sistema de convecção). O arrefecimento ocorre através de um sistema de nebulização.

A sala encontrava-se equipada com diferentes equipamentos e sensores que permitiam a recolha de dados referentes ao ambiente e ao comportamento animal, estes equipamentos encontram-se descritos no quadro 2:

Material	Unid.	Intervalos de medição	Precisão
Câmara térmica (Optris PI 400/450)	1	contínua	---
Câmara vídeo (Foscam FI9961EP);	6	contínua	---
Sensor pressão atmosférica (RK300-01)	1	600 – 1100 hPa	± 0,5 hPa (resolução 0,1 hPa)
Luxímetro (LXT-TRM)	1	0 – 50 000 lux	± 5% (<10 000 lux); ± 10% (>10 000 lux) (resolução 1 lux)
Decibelímetro (SLT-TRM-ICA)	1	30 – 130 dB	± 1,5 dB (resolução 0,1 dB)
Microfone (Hi-fidelity Pickup HAP300)	1	20Hz – 20kHz	---
Sensor CO ₂ (E2608-CO ₂ -10K)	1	0 – 10 000 ppm	± 50 ppm (resolução 1 ppm)
Sensor CO (CapTemp TH3-CO)	1	0 – 100 ppm	± 1 ppm (resolução 16 bits)
Sensor H ₂ S (CapTemp TH3-H ₂ S)	1	0 – 100 ppm	± 0,5 ppm (resolução 16 bits)
Sensor NH ₃ (CapTemp TH3-NH ₃)	1	0 – 100 ppm	± 1 ppm (resolução 16 bits)
Anemómetro fio quente (Gill WindSonic P6022)	1	0 – 60 m/s	± 2% (resolução 0,01 m/s)
Sonda temperatura (COPILOT)	4	---	---
Sonda temperatura (CapTemp TH3-Temp OW)	7	-10 – 55° C	± 0,5° C (resolução 12 bits)
Sonda humidade (EE06)	1	0 – 100% HR	± 3% (10 – 90% HR); ± 5% (<10% HR e >90% HR) (resolução 0,1% HR)
Estação meteorológica (Barani Weather Station).	1	0 – 100 m/s; 0 – 360°	< 2%; 2°

Quadro 2 - Lista de material utilizado para recolha de dados

b) Animais

Foram utilizadas 24 fêmeas (8 em cada ensaio) de genótipo *Piétrain* x *Topigs Norsvin* (TN60) provenientes de uma exploração comercial. Para cada ensaio, os animais foram escolhidos de forma a obter grupos com peso vivo

inicial o mais homogêneo possível, rondando os 40 kg. O número de animais, em função das dimensões do parque, determinou uma área de 1,5 m² por animal.

Após a chegada dos animais, todos foram identificados por meio de um brinco eletrônico (Sistema RFID). Este brinco era composto por um número, correspondente ao animal (figura 8):



Figura 8 - Sistema de identificação através de brinco eletrônico (Fonte: Elaboração própria)

Para facilitar a identificação visual, a cada número fez-se corresponder uma letra (A, W, R, T, E, C, H e Z), pintada, através de spray marcador, no dorso dos animais (figura 9). Essa identificação foi reforçada quando necessário.



Figura 9 - Animais identificados através de marcador spray (Fonte: Elaboração própria)

Em todos os ensaios existiu um período de habituação à sala, ao ambiente e à presença e manipulação humana, de duas semanas. Durante este período o alimento foi fornecido em *ad libitum* e com acesso livre à água. As condições ambientais nesse período de habituação foram, em todos os ensaios: temperatura média de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de 60%.

O fornecimento de alimento aos animais foi efetuado numa estação de alimentação automatizada descrita mais adiante neste capítulo. Os animais foram alimentados durante todo o ensaio com um alimento composto concentrado para suínos em crescimento, sob a forma de farinha e com a seguinte informação nutricional (segundo dados fornecidos pelo fabricante): Energia limpa (2406 kcal/kg); Energia metabolizável (3152 kcal/kg); Energia digestível (3320 kcal/kg); Amido (43,4%); Proteína Bruta (16,8%); Matéria Gorda Bruta (3,5%); Fibra Bruta (4,6%); Cinza Bruta (5,2%); Lisina (1,10%); Metionina (0,36%); e Treonina (0,78%).

O alimento concentrado encontrava-se armazenado num silo acoplado à máquina de alimentação. Com a entrada do animal no comedouro, a ração era disponibilizada em pequenas doses até perfazer a quantidade máxima de 800g por visita. O consumo diário máximo permitido por animal foi definido em função das suas necessidades nutricionais, sendo estas ajustadas para a capacidade máxima de ingestão do animal (INRA, 1989), de acordo com o quadro 3. A cada 24h, a máquina registava o consumo diário total de cada animal, fazia um *reset* e voltava a disponibilizar a quantidade máxima diária de alimento para todos os animais.

Peso Vivo	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Kg de Alimento	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4

Quadro 3 - Quantidade de Kg de alimento colocado à disposição dos animais em função do seu peso vivo

O abeberamento dos animais foi garantido através de dois bebedouros de taça com tetina (figura 10) com um caudal instantâneo de 130 mL/s.

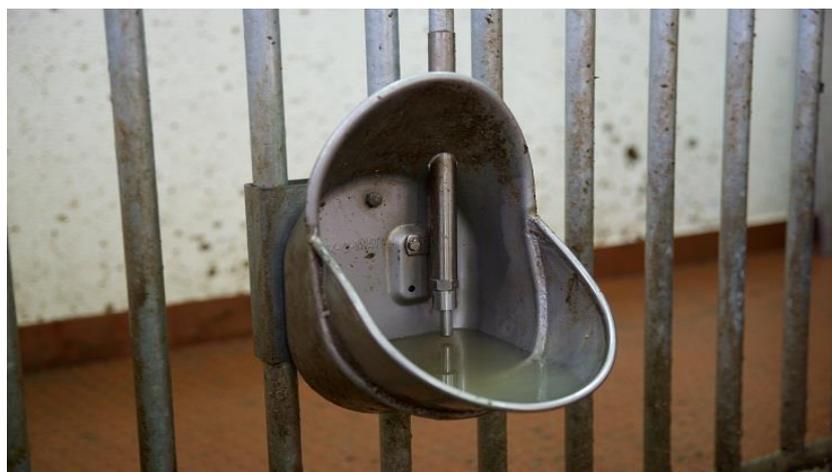


Figura 10 - Bebedouro de taça com tetina (Fonte: Elaboração própria)

c) Procedimentos Experimentais

Foram simuladas três condições ambientais: inverno (INV) – stress por frio (ensaio 1), termoneutralidade (TNZ) – ausência de stress (ensaio 2) e verão (VER) – stress por calor (ensaio 3). As condições ambientais que se pretenderam simular em cada ensaio são apresentadas no seguinte quadro:

	Condições Ambientais	T (°C)	HR (%)
E1	INV	10 ± 2	80
E2	TNZ	18 ± 2	70
E3	VER	30 ± 2	60

Quadro 4 - Procedimento experimental dos ensaios

No quadro 5 é apresentada uma breve caracterização de cada ensaio, considerando todo o período em que os animais estiveram alojados, incluindo o período de habituação.

Ensaio	Nr. animais	Data de início	PV habituação (kg)	Data de fim	Duração (dias)
1	8	14/12/2018	40,4 ± 2,6	28/02/2019	76
2	8	15/03/2019	35,6 ± 2,3	06/06/2019	84
3	8	24/06/2019	39,5 ± 2,8	05/09/2019	74

Quadro 5 - Descrição geral dos ensaios realizados na sala de ambiente controlado, englobando o período de habituação

d) Procedimentos no Matadouro

O abate ocorreu no dia seguinte ao do fim dos ensaios, no Matadouro Regional do Alto Alentejo, localizado em Sousel, a cerca de 75 km da Herdade da Mitra.

No último dia de ensaio os animais foram carregados e transportados para o matadouro. Antes do transporte dos animais, foi colocado um novo brinco com o número de identificação de cada animal e o código de exploração, de modo a possibilitar o seu rastreamento. O transporte de animais foi sempre efetuado entre as 8:00h e as 10:00h, tendo uma duração aproximada de 1 hora. Após chegada ao matadouro os animais foram sujeitos a uma dieta hídrica e abatidos no dia seguinte por volta das 7:00h.

O processo de abate inicia-se com a insensibilização dos animais através de uma câmara de gás (CO₂). Após a insensibilização estes são suspensos verticalmente e sangrados, de modo a entrarem na cadeia de abate. Segue-se o processo de escaldagem em água a ferver (vertical/horizontal) e de depilação, onde também é efetuado o corte das unhas. Por último, ocorre o processo de chamuscagem.

Já na zona limpa é efetuada a evisceração, onde se recolhe o peso do fígado e do baço. Após este processo as carcaças são abertas pela linha média, duchadas, inspecionadas e pesadas, sendo, posteriormente, recolhidos os dados relativos ao comprimento de carcaça e à espessura da gordura dorsal.

O abate dos animais foi acompanhado por investigadores da Universidade de Évora que realizaram recolha de dados nas carcaças. A análise destes dados possibilitou verificar a existência, ou não, de diferenças nas principais características das carcaças devidas às condições ambientais em que os animais foram criados.

e) *Recolha de dados*

Dados do microclima interior: nos ensaios, foram monitorizados e controlados os seguintes dados de microclima interior: temperatura, humidade relativa, concentração de dióxido de carbono, nível de ruído e luminosidade. A recolha destes dados foi realizada através de um sistema de controlo ambiental (Webisense) (figura 11) e uma plataforma de recolha de dados (Nidus), aos quais se encontravam associados diversas sondas de temperatura e humidade, uniformemente distribuídas pela sala de ambiente controlado, bem como outros sensores.



Figura 11 - Sistema operativo do Webisense (Fonte: Elaboração própria)

Dados produtivos: durante os ensaios, foram monitorizados e controlados os seguintes indicadores produtivos: peso vivo inicial, peso vivo final e ingestão alimentar (IA). A recolha destes dados foi realizada através de uma máquina de alimentação automática (*Schauer Compident MLP II*) (figura 12) que, através de um sistema de RFID, permitiu monitorizar e controlar individualmente a quantidade de alimento fornecido e ingerido (em gramas); o número e duração de visitas (h:m:s); e o peso dos animais (em gramas).



Figura 12 - Máquina de alimentação Schauer Compident MLP II (Fonte: elaboração própria)

O software associado a este equipamento permitiu, através de cálculos, obter, monitorizar e controlar ainda outros indicadores produtivos tais como ganho médio diário de peso vivo e o índice de conversão alimentar.

O ganho médio diário de peso vivo (GMD) foi determinado através da seguinte equação:

$$GMD = \frac{\text{Peso}(i) - \text{Peso}(i - l)}{\text{Data}(i) - \text{Data}(i - l)} \quad (\text{eq. 6.1})$$

Onde, i é a pesagem atual e $i-l$ é a pesagem anterior.

O índice de conversão alimentar (IC) é um parâmetro que nos dá a quantidade de ração ingerida, para que o animal aumente 1,0 kg do seu peso vivo.

O índice de conversão foi determinado através da seguinte equação:

$$IC = \frac{IA}{GMD} \quad (\text{eq. 6.2})$$

Onde, IA é a ingestão alimentar e GMD é o ganho médio diário.

Dados fisiológicos: os parâmetros fisiológicos monitorizados e controlados durante os ensaios foram a temperatura retal, a temperatura da

superfície corporal e a concentração salivar de cortisol e de α -amílase. Estas medições foram feitas por via manual e por via automática.

A metodologia adotada para a recolha manual das temperaturas retal e superficial incluiu uma recolha durante o período de habituação e uma recolha quinzenal até ao final do ensaio. A temperatura retal (T_r) foi medida através de um termómetro clínico digital (termómetro flexível Well's) até estabilização da temperatura (figura 14). Por ser um método relativamente invasivo, esta recolha foi sempre efetuada ao mesmo tempo que a recolha de saliva, o que permitiu criar uma distração para os animais.

A temperatura superficial (T_s) foi medida através de um termómetro de infravermelho (Pro'sKit MT-4612). A medição foi efetuada apontando o termómetro durante cerca de 5 segundos, para a zona do cachaço do animal, a cerca de 1m de distância (figura 13).



Figura 13 - Recolha da temperatura retal (esquerda) e da temperatura superficial (direita)

A temperatura superficial também foi medida de forma automática através de uma câmara térmica (Optris PI 400/450), colocada de forma a obter uma cobertura integrada do parque onde os animais se encontravam (figura 14).

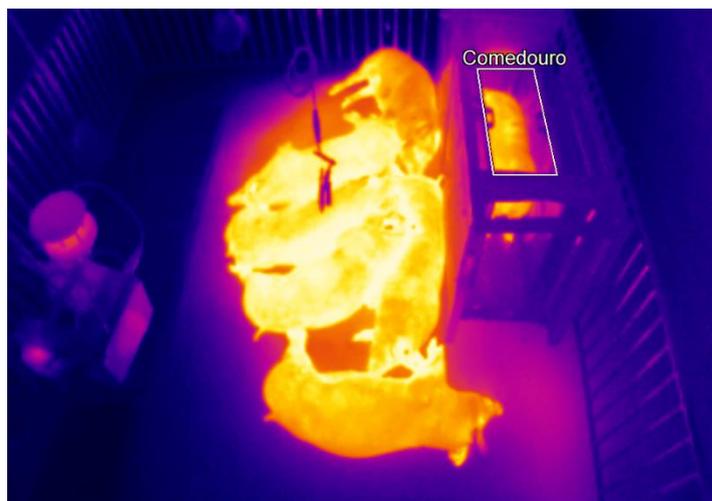


Figura 14 - Imagem térmica dos animais com medição individual no comedouro (Fonte: Elaboração própria)

A recolha de saliva foi efetuada com recurso a rolos de algodão comerciais (*salivettes*). Foram utilizadas duas *salivettes* presas numa tesoura-pinça de pontas redondas estriadas e apresentadas individualmente a cada animal, tendo sido permitida a mastigação durante cerca 30 segundos (figura 15).

Este processo foi efetuado com uma periodicidade de 15 dias durante o período da manhã (9:00h - 9:30h). Todas as *salivettes* foram devidamente identificadas e refrigeradas até ao processo laboratorial.



Figura 15 - Recolha manual de saliva (Fonte: Elaboração própria)

Dados comportamentais: durante os ensaios, para a monitorização e controlo de indicadores comportamentais, foram utilizadas 5 câmaras de vídeo e colocadas estrategicamente na sala de ambiente controlado, de forma a filmarem toda a área do parque, sendo possível assim determinar o

afastamento/aproximação dos animais, através da análise dos vídeos captados e do *software* desenvolvido (figura 16).



Figura 16 - Captação do parque através das câmaras de vídeo (Fonte: Elaboração própria)

A disposição dos animais no parque (afastamento / aproximação) foi estudada através do desenvolvimento de um índice de proximidade, com recurso às imagens de vídeo captadas (24h/24h) e a um algoritmo de visão artificial especificamente desenvolvido para o efeito pela empresa Hexastep.

Este algoritmo é alimentado pelas gravações de vídeo das câmaras, e processa o vídeo frame a frame. Internamente funciona em dois passos:

1. Reconhecimento dos animais e/ou grupos: Através do Método de Triangulação DT, aplicado no software MATLAB, o algoritmo procura formas que sejam coincidentes com o contorno de um animal (forma elítica) (figura 17), neste caso um porco, e regista o posicionamento de cada um no parque. Caso vários animais estejam em contacto, formando um grupo de animais, o algoritmo identifica também esse facto.

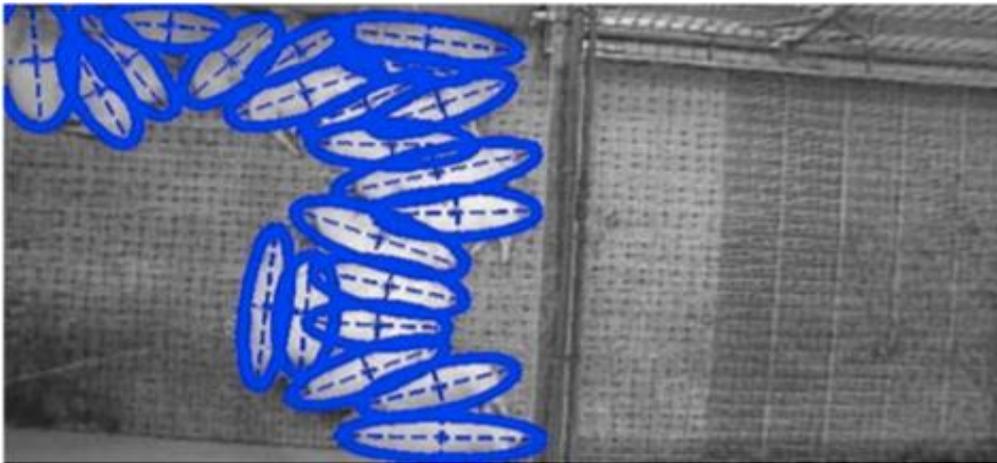


Figura 17 - Elipses ajustadas a cada porco (Fonte: Software GRID)

2. Cálculo do índice de proximidade: Através do perímetro de cada triângulo, formado pelo centro das elipses identificadas, era calculado a proximidade dos animais. Tendo como *input* a área do parque, o número total de animais e a posição de cada um, o algoritmo calcula o índice de proximidade dos animais sendo o resultado um valor entre 0 e 1, em que 1 significa que os animais estão todos juntos num grupo, e zero significa que os animais estão o mais dispersos possível, por toda a área do parque (figura 18).



Figura 18 - Índice de aproximação (Fonte: Software GRID)

Dados nas carcaças: no processo normal de funcionamento dos matadouros, após o abate, as carcaças são pesadas incluindo a cabeça (sem vísceras, unhas, pelos e órgãos genitais). Esta medição é utilizada para determinar o valor de peso de carcaça a quente (PCQ). Logo após a evisceração o fígado e o baço são pesados numa balança digital.

O comprimento de carcaça foi estimado, na parte interior da meia carcaça esquerda, através da medição da distância que separa a primeira vértebra cervical do ísquion. Foi também medida a espessura da gordura dorsal, ao nível da última costela (P2).

O rendimento de carcaça a quente (RCQ) foi medido através da seguinte equação:

$$RCQ (\%) = \frac{(Peso\ de\ carcaça\ a\ quente)}{(Peso\ vivo\ final)} \times 100 \quad (\text{eq. 6.3})$$

Resultados

a) Microclima interior

No quadro 6 apresentam-se as condições ambientais interiores e exteriores registadas nas três simulações.

Simulação	Condições ambientais								
	t ₀ Média (°C)	t ₀ máx (°C)	t ₀ mín (°C)	t _i Média (°C)	t _i máx (°C)	t _i mín (°C)	ΔT (°C)	HR ₀ Média (%)	HR _i Média (%)
INV	10,4	29,7	0,2	12,5	19,4	8,3	2,1	80	75
TNZ	18,8	44,1	3,7	20,7	24,9	16,0	1,9	65	74
VER	26,2	45,7	12,0	28,9	33,3	23,2	2,7	56	63

Quadro 6 - Condições ambientais registadas nos ensaios

T₀ = Temperatura exterior; T_i = Temperatura interior; HR₀ = Humidade relativa exterior; HR_i = Humidade relativa interior;

Através da análise do quadro 6 é possível verificar que as temperaturas médias registadas no interior da instalação se aproximaram das temperaturas

objetivo predefinidas no início do projeto (quadro 5). Porém existiram alguns desvios (valores de temperaturas máximas e mínimas) que se explicam pelo facto de os sistemas de condicionamento ambiental apresentarem algumas limitações quando as temperaturas exteriores são demasiadamente extremas, pelo facto de o isolamento térmico da instalação não ser 100% eficiente e também pelas trocas de ar com a envolvente. No entanto, os valores registados no interior da instalação experimental, corresponderam a situações reais de inverno, termoneutralidade e verão muito semelhantes àqueles que se observam na grande maioria das explorações comerciais de suínos.

A humidade relativa do ar, apesar do difícil controlo quando comparada com a temperatura do ar, também esteve de acordo com o que era esperado, não se registando grandes desvios.

Os valores médios dos restantes parâmetros do microclima interior são apresentados no quadro 7.

Simulação	Microclima interior		
	Concentração CO ₂ (ppm)	Nível de Ruído (dB)	Luminosidade (lux)
INV	882	67	23
TNZ	1120	65	177
VER	1704	64	121

Quadro 7 - Resultados do microclima interior da instalação nos ensaios

A concentração de CO₂ tem um forte impacto sobre a qualidade do ar nas instalações pecuárias e está diretamente relacionado com fatores como o microclima interior e o manejo dos animais, entre outros. Este efeito é verificado no quadro 7, onde se observa uma maior concentração deste gás na condição de verão. Isto explica-se pelo facto de nesta condição ambiental se registarem elevadas temperaturas e baixo teor de humidade, levando os animais a aumentar o seu ritmo respiratório.

Através do nível médio de ruído verificado, não foi possível identificar situações de stress (nível médio de ruído superior 85 dB). Para além disso, estes

valores não diferiram muito entre as simulações, estando o nível de ruído na sua maioria associado ao sistema de ventilação.

A principal diferença observada entre a luminosidade da simulação de inverno e as restantes, prende-se no facto de se ter procedido, com o intuito de aumentar o isolamento térmico na zona das janelas, a um ajuste nas cortinas das janelas do sistema de ventilação anti-asfixia. Após a análise dos dados, é possível verificar que esse ajuste exerceu uma forte influência sobre a luminosidade média diária.

b) Produtivos

No quadro 8 são apresentados, para cada situação ambiental simulada os valores de peso médio inicial e final e a respetiva duração, em dias.

Simulação	PV_{inicial} (kg)	PV_{final} (kg)	Duração (dias)
INV	48,6	96,0	61
TNZ	45,9	103,4	65
VER	49,4	98,7	58

Quadro 8 - Valores médios de peso vivo inicial e final em cada situação

O quadro 9 mostra os valores médios de ingestão alimentar, ganho médio diário e índice de conversão alimentar verificados nas três condições ambientais simuladas:

Simulação	Ingestão alimentar (kg/dia)	Ganho médio diário (kg/dia)	Índice de conversão (kg/kg)
INV	2,701	0,792	3,41
TNZ	2,560	0,930	2,75
VER	2,310	0,859	2,69

Quadro 9 - Valores médios dos parâmetros produtivos dos ensaios

Através da análise destes resultados é possível concluir que as condições ambientais influenciaram:

(i) O padrão de ingestão voluntária de alimento: em condições de verão (stress térmico por calor) a taxa de ingestão média diária diminuiu devido ao efeito negativo que as altas temperaturas ambientais exercem sobre a ingestão alimentar, em particular em suínos, os quais apresentam imensas dificuldades em dissipar calor nessas condições ambientais. Por outro lado, em situação de inverno a ingestão alimentar aumentou. Isto explica-se pelo facto de em condições de stress térmico por frio, as perdas de calor dos animais para o ambiente aumentarem. Deste modo, o incremento da produção de calor adicional para compensar essa perda é alcançado através do aumento de consumo de ração (Li e Patience, 2017).

(ii) O ganho médio diário de peso vivo: em termos gerais, os animais cresceram mais rápido na situação de termoneutralidade porque nesta situação quase toda a energia alimentar consumida é canalizada para a satisfação das necessidades de manutenção e crescimento.

(iii) O índice de conversão alimentar: o seu valor foi superior em condições de inverno, o que se deve ao facto de a quantidade de energia metabolizável disponível para o crescimento ter ficado reduzida devido ao aumento das necessidades de manutenção, o que produz efeitos no índice de conversão alimentar (Cruz, 1997). Embora os valores obtidos na situação de verão e termoneutralidade tenham sido muito similares, os animais apresentaram uma melhor eficiência alimentar na situação de verão. Isto pode explicar-se pelo facto de os animais em termoneutralidade terem permanecido alojados durante um período superior (mais 7 dias) e, conseqüentemente, terem sido abatidos com maior peso vivo (quadro 8). Este fator tem influência sobre o índice de conversão, uma vez que a partir de uma determinada fase de crescimento, o aumento de peso vivo afeta negativamente a eficiência alimentar.

c) Carcaça

A média das medições efetuadas nas carcaças dos animais provenientes dos ensaios está ilustrada no quadro 10.

Simulação	Peso vivo final (kg)	Rendimento carcaça a quente (%)	% de carne magra*	Espessura da gordura dorsal ao nível da P2 - última costela (mm)
INV	96,0	83,9	57,2	16,9
TNZ	103,8	80,3	59,7	16,1
VER	98,7	80,7	59,3	13,8

Quadro 10 - Valores da qualidade da carcaça ao abate
*- valores fornecidos diretamente pelo matadouro

Através da análise do quadro 10 é possível verificar que os animais que apresentaram maior rendimento de carcaça, apesar da pequena diferença entre os ensaios, foram os que estiveram submetidos a condições de inverno. Ao analisar os valores da espessura da gordura dorsal ao nível da P2, percebe-se que estes animais depositaram maior quantidade de gordura dorsal de modo a atenuarem as perdas de calor para o ambiente.

d) Fisiológicos

As médias das temperaturas retais e da superfície corporal são apresentados no gráfico 1.

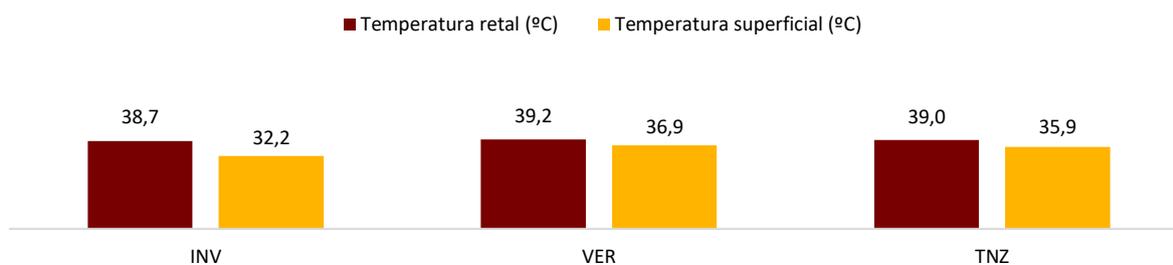


Gráfico 1 - Temperatura retal e superficial média obtida nos ensaios

Este gráfico demonstra que tanto a temperatura retal, como a temperatura superficial, apresentam valores superior nos animais alojados em condições de

verão. Estes valores vão de encontro às expectativas, uma vez que sob condições de temperaturas elevadas, os suínos apresentam dificuldade em dissipar o seu calor corporal, o que provoca um aumento da temperatura interna e superficial (Cruz, 1997). Este efeito é mais notório na temperatura da superfície corporal.

No que diz respeito à saliva, foram efetuadas análises laboratoriais apenas às amostras recolhidas em ensaios preliminares de teste, anteriores ao início do projeto. Uma vez que o estudo dos indicadores fisiológicos recolhidos através desta metodologia não era um dos principais objetivos do projeto e que os resultados preliminares demonstraram uma necessidade de aprofundamento no processo das análises laboratoriais, as amostras dos ensaios do projeto foram devidamente armazenadas, para trabalhos futuros. Contudo, apesar de os resultados preliminares não terem sido muito consistentes, pôde verificar-se que os marcadores salivares têm potencial para integrar estudos de bem-estar em animais mantidos sob condições ambientais bem definidas.

e) *Comportamentais*

O gráfico 2 permite observar a procura de alimento por parte dos animais, através do número de visitas diárias à máquina de alimentação automática, ao longo dos três ensaios.

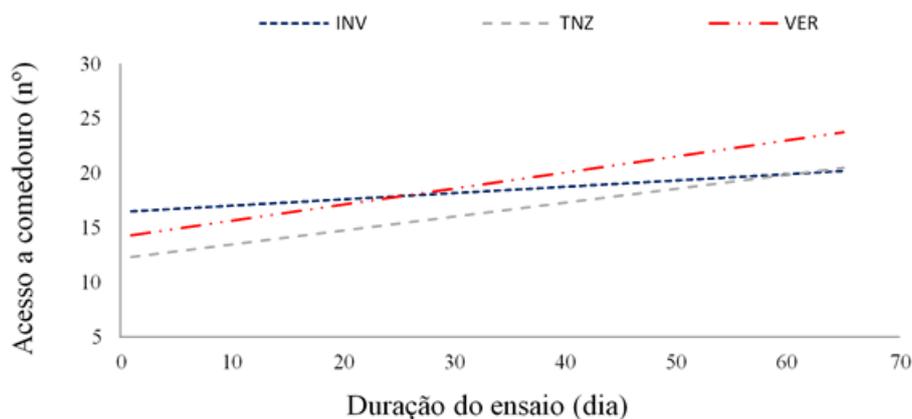


Gráfico 2 - Acesso ao comedouro ao longo dos ensaios

Ao analisar este gráfico, é possível verificar que em termos médios, os animais acederam com maior frequência ao comedouro em condições de verão. No entanto, ao relacionar este comportamento com a ingestão alimentar diária (quadro 9), percebe-se que a cada acesso ao comedouro ocorreu uma menor ingestão de alimento em comparação com os valores de ingestão alimentar verificados nas restantes condições.

O gráfico 3 representa o índice de proximidade médio entre os animais em cada condição ambiental simulada.



Gráfico 3 - Índice de proximidade médio dos animais para cada ensaio
Legenda: 0 = afastamento; 1 = amontoamento

Com base neste gráfico, verifica-se que os animais estiveram mais próximos na condição de inverno. Este comportamento é muito comum nos suínos que tendem em amontoar-se quando submetidos a baixas temperaturas, com o intuito de evitar perdas de calor corporal para o ambiente que os rodeia. O inverso é verificado na condição de verão, uma vez que os animais se afastam de modo aumentarem as trocas de calor com a envolvente, de modo a mantarem a sua temperatura corporal.

Exploração Comercial (*living-lab*)

O trabalho desenvolvido na primeira fase do projeto (*small-lab*) serviu de testagem e modelagem para o desenvolvimento de um protótipo a ser instalado numa exploração comercial (*living-lab*). Nesta exploração comercial, de maior

escala, os animais foram sujeitos às condições ambientais verificadas ao longo do ciclo de produção.

O principal objetivo desta etapa de projeto focou-se na avaliação do desempenho dos equipamentos e tecnologias em condições reais de produção. Por este motivo, realizou-se apenas um ensaio experimental entre o período de janeiro a março com dois grupos de animais.

Metodologia

a) Instalações

Cada sala dos pavilhões de engorda da exploração comercial possui 8 parques para animais. Foram utilizados dois parques (figura 19) que dispõem de uma área individual de 13,83 m². Um dos parques selecionados encontrava-se junto a uma janela e o outro sob um dos extratores, estando dispostos lado a lado.

Cada parque foi equipado com uma máquina de alimentação automática (*Schauer Compident MLP II*) e um bebedouro de taça com tetina. O pavimento da instalação é parcialmente em grelha de betão.



Figura 19 - Parques utilizados para o ensaio na exploração comercial

O ajustamento das condições ambientais foi efetuado apenas com recurso ao sistema de ventilação existente na instalação. Este sistema era composto por dois extratores verticais e a entrada de ar ocorria pelas quatro janelas, situadas duas a duas nos topos da sala. Estas janelas dispunham de cortinas cuja abertura era ajustada, automaticamente, em função da temperatura exterior.

A sala encontrava-se equipada com diferentes sensores que permitiam a recolha de dados referentes aos parâmetros ambientais. Estes equipamentos, bem como a câmara de vídeo, encontram-se descritos no seguinte quadro:

Material	Unid.	Intervalos de medição	Precisão
Sonda temperatura (CapTemp TH3-Temp OW)	4	-10 - 55° C	± 0,5° C (resolução 12 bits)
Sonda humidade (EE06)	2	0 - 100% HR	± 3% (10 - 90% HR); ± 5% (<10% HR e >90% HR) (resolução 0,1% HR)
Estação meteorológica (Barani Weather Station).	1	0 - 100 m/s; 0 - 360°	< 2%; 2°
Câmara vídeo (Foscam FI9961EP);	2	contínua	---

Quadro 11 - Lista de material utilizado para recolha de dados

b) Animais

Foram utilizadas 10 fêmeas em cada grupo de genótipo *Piétrain* x *Topigs Norsvin* (TN60) provenientes da própria exploração. Os animais foram escolhidos de forma a obter grupos o mais homogéneo possível em termos de peso vivo inicial. O número de animais, em função das dimensões do parque, determinou uma área de 1,4 m² por animal.

Após a escolha dos animais que compuseram cada grupo em ensaio, procedeu-se à sua identificação por meio da colocação de um brinco eletrónico (Sistema RFID) na orelha esquerda. Na outra orelha foi colocado um brinco com o número de identificação dos animais na exploração.

O fornecimento de alimento aos animais foi efetuado através de uma máquina de alimentação automática igual à utilizada no small-lab. Os animais foram alimentados durante todo o ensaio com o mesmo alimento composto concentrado para suínos em crescimento utilizado na primeira fase do projeto, cuja informação nutricional se encontra descrita no capítulo anterior.

O procedimento de fornecimento de alimento aos animais foi idêntico ao adotado na instalação experimental (*small-lab*).

O abeberamento dos animais foi garantido através de um bebedouro de taça com tetina (figura 20) por parque, com um caudal de 100 mL/s.



Figura 20 - Bebedouro de taça com tetina (Fonte: Elaboração própria)

c) Procedimentos Experimentais

Durante todo o período experimental, os animais foram sujeitos às condições ambientais reais de exploração e existiu um período de habituação (sete dias) à sala, ao ambiente e à máquina de alimentação.

No quadro 12 é apresentada uma descrição geral do ensaio:

Grupo	Nr. animais	PV _{habituação} (kg)	Duração (dias)
1	10	32,4 ± 4,6	34
2	10	32,3 ± 1,9	51

Quadro 12 - Descrição geral do ensaio realizados na exploração comercial

d) Recolha de dados

Dados do microclima interior: neste ensaio, os dados do microclima interior medidos foram a temperatura e a humidade relativa. A recolha destes dados foi realizada através da plataforma desenvolvida no small-lab. Esta tinha a si ligadas, sondas de temperatura e humidade que foram colocadas, em cada parque, de modo a obter valores representativos das condições verificadas no seu interior (figura 21).



Figura 21 - Sondas distribuídas em um dos parques (Fonte: Elaboração própria)

Dados produtivos: neste ensaio, os dados produtivos medidos foram o peso vivo inicial, peso vivo final e ingestão alimentar (IA). A recolha destes dados foi realizada através de uma máquina de alimentação automática (Schauer Compident MLP II) que, através de um sistema de RFID, permitiu monitorizar e controlar individualmente a quantidade de alimento fornecido e ingerido (em gramas); o número e duração de visitas (h:m:s); e o peso dos animais (em gramas).

Este equipamento possibilitou ainda obter, através de cálculos, outros dados produtivos dos animais (ganho médio diário e índice de conversão alimentar).

Resultados

a) Microclima interior

As condições ambientais interiores e exteriores obtidas no ensaio são resumidas no seguinte quadro 13.

Condições ambientais								
t_0 Média (°C)	t_0 máx (°C)	t_0 mín (°C)	t_i Média (°C)	t_i máx (°C)	t_i mín (°C)	ΔT (°C)	HR ₀ Média (%)	HR _i Média (%)
19,3	31,6	0,0	20,8	28,4	11,1	1,5	71	68

Quadro 13 - Condições ambientais registadas nos ensaios

T₀ = Temperatura exterior; T_i = Temperatura interior; HR₀ = Humidade relativa exterior; HR_i = Humidade relativa interior

Através da análise do quadro 13 é possível verificar que apesar de o ensaio ter decorrido durante o período de inverno, a temperatura média registada no interior da instalação (20,8° C) não foi suficiente para provocar stress térmico por frio nos animais. Isto explica-se pelo facto de se tratar de uma instalação comercial, caracterizada por um grande volume de animais alojados no mesmo espaço, o que resulta numa elevada produção e acumulação de calor. Por outro lado, de modo a evitar que o ar frio vindo do exterior influencie o microclima no interior da instalação, o controlo da qualidade do ar é feito com recurso apenas à ventilação mínima necessária, o que permite atingir um ambiente térmico sem grandes variações.

A humidade relativa do ar, tal como a temperatura, também é influenciada pela densidade animal e pelas trocas de ar com o exterior. No entanto, ela esteve dentro do valor adequado para esta fase de produção.

b) Produtivos

Devido a uma avaria numa das máquinas de alimentação, a recolha de dados no grupo 1 apenas pode ser feita de uma forma contínua até aos 60 kg de

peso vivo. Neste sentido, no quadro 14 são apresentados os valores médios produtivos dos dois grupos de animais até ao período possível de comparação.

Grupo	PV _{inicial} (kg)	PV _{final} (kg)	Ingestão alimentar (kg/dia)	Ganho médio diário (kg/dia)	Índice de conversão (kg/kg)
1 (janela)	32,4	60,8	1,757	0,755	2,44
2 (extrator)	32,3	60,2	1,850	0,780	2,37

Quadro 14 - Valores médios dos parâmetros produtivos dos ensaios

Com base neste quadro é possível verificar que o grupo 2 teve um melhor desempenho produtivo ao nível do índice de conversão alimentar embora não seja considerada toda a fase de engorda dos animais. Isto pode ser explicado, para o período considerado, pelo facto de o segundo grupo estar alojado no parque junto ao extrator de ar, o que influenciou a qualidade do ar e, conseqüentemente, originou um ambiente mais adequado às necessidades dos animais. Os índices de conversão alimentar encontrados estão dentro dos valores referenciados para suínos em crescimento, dos 30 aos 60kg de peso vivo (Cruz, 1997).

Bibliografia

- Cruz, V. F. (1997). *Influência da estação do ano sobre as performances do porco em fase de crescimento e acabamento. Sua relação com a densidade de alojamento e a concentração energética da dieta.* (Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora).
- INRA. (1984). *L' alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles.* INRA, Paris.
- Li, Q., & Patience, J. F. (2017). Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 22-33.

7. Plataforma Awartech Smart Sensing

Vasco Fitas da Cruz, Pedro Salgueiro, José Carlos Rico, Diogo Rezende Coelho e David Botas

A plataforma Awartech Smart Sensing é uma plataforma integrada de sensores e telemetria, construída para efetuar a monitorização, controlo e automatização na área da produção animal, respeitando os seus requisitos e as suas funcionalidades específicas. Esta plataforma permite o registo automático/manual e continuado de diversas variáveis associadas aos animais monitorizados e ao ambiente em que estão inseridos. Os diversos parâmetros são recolhidos com uma periodicidade variável. Os valores obtidos podem ser processados em tempo real, sendo também armazenados em bases de dados, para posterior consulta e análise. Alguns exemplos de parâmetros recolhidos são a: temperatura superficial dos animais; quantidade de ração ingerida; temperatura e humidade do ambiente; e a concentração de alguns gases.

Operacionalidade

A plataforma Awartech Smart Sensing é uma aplicação *WEB based* utilizada para visualização e controlo de sistemas sensoriais, que tem por base de funcionamento, o sistema GRID.

O GRID é um sistema de dados e IoT que suporta vários protocolos e é capaz de comunicar com diversos sistemas/ferramentas, desde que estes o permitam (câmaras térmicas, câmaras de vídeo, sensores, máquina de alimentação, etc). Isto permitiu fazer a interface entre todos os equipamentos tecnológicos utilizados no projeto e, posteriormente, desenvolver a plataforma Awartech Smart Sensing.

Esta plataforma foi desenvolvida utilizando maioritariamente a linguagem JAVA e está alojada num servidor acessível através da internet.

Os dados recebidos pela plataforma provêm de diversas fontes, mas são todos enviados através de uma interface REST. As diversas fontes que enviam dados para a plataforma são:

- Nidus - dispositivo de rede onde são conectados sensores por protocolo RS-485, com servidor *WEB* e ambiente gráfico incorporado;
- Máquina de alimentação;
- Câmara térmica;
- Algoritmos de análise de vídeo;

A plataforma pode também receber dados introduzidos manualmente na sua página *WEB*.

Os dados armazenados pela plataforma podem ser de diversos tipos:

- Digital (true/false) - tipicamente associado a estados de interruptores, etc.
- Numérico - tipicamente associado a dados provenientes de sondas analógicas como temperatura, humidade, gases, etc.
- Texto - tipicamente associado a dados pouco variáveis, como o nome de um animal, marca de um equipamento, etc.

Visualizações

Através da plataforma é possível produzir informações relevantes que permitem monitorizar e controlar o interior de uma instalação, nomeadamente dados ambientais, dados dos animais, indicadores de bem-estar e resultados produtivos. Esta informação pode ser consultada em tempo real ou através do

histórico, devido à capacidade que a plataforma possui para armazenar todos os valores recolhidos ao longo do tempo.

No *dashboard* (figura 22) é possível visualizar o estado atual de um grupo de animais ou sensores configurados no sistema. Cada animal ou dispositivo pertence a uma categoria, o que permite identificar o tipo de entidade.

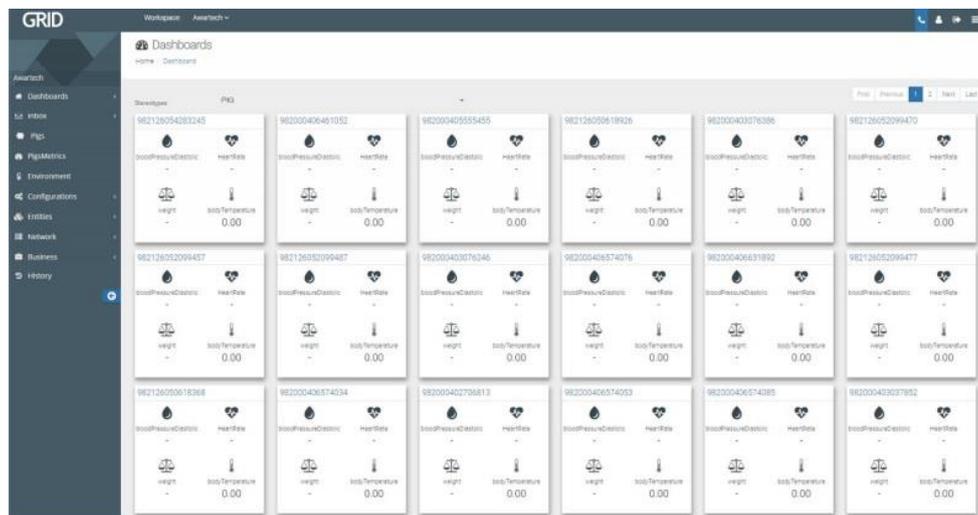


Figura 22 - Dashboard da plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: GRID)

O *dashboard* é composto por vários *widgets*. Um *widget* é um painel quadrangular que representa uma entidade. Na figura 23, cada *widget* representa um porco e mostra o último valor conhecido de algumas das propriedades que estão a ser monitorizadas. Ao selecionar o nome de uma propriedade, é possível visualizar a evolução dessa propriedade nas últimas 24 horas. Para consultar outros períodos de tempo ou obter gráficos mais detalhados, deve ser consultada a aplicação Awartech Analytics.



Figura 23 - Widget da plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: GRID)

No que diz respeito aos animais, é possível efetuar a gestão de todos os elementos registados no sistema. A plataforma permite efetuar um registo dos animais, sendo possível inserir diversas informações que contribuem para uma caracterização individualizada e/ou em grupos, tais como, raça, sexo, genótipo, idade, origem/localização, etc.

O brinco identificador RFID dos animais deve coincidir com o identificador que está configurado no *software* da estação de alimentação automática. Caso um brinco se perca, o identificador do novo brinco deve ser configurado tanto no *software* da estação de alimentação como na plataforma Awartech.

Ao selecionar o identificador RFID de um dos animais é concedido o acesso ao perfil do animal, como se pode ver na figura abaixo (figura 24). Nesta figura é possível ver, para além do último valor conhecido de cada uma das variáveis recolhidas sobre o animal, outros dados de configuração, tais como o nome, o tipo de animal, o RFID associado, a localização e o estado.

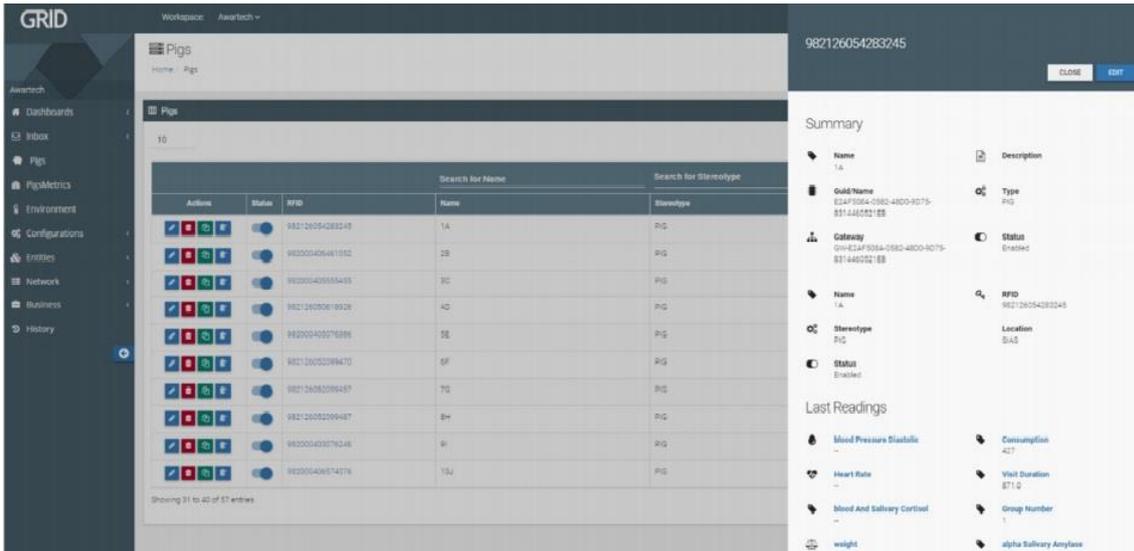


Figura 24 - Perfil de cada animal na plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: GRID)

Relativamente aos dados ambientais é possível consultar o valor de todas as variáveis associadas à monitorização do ambiente onde os animais estão inseridos (figura 25). O tipo de dados que são recolhidos apenas depende dos sensores instalados, que podem ser consultados individualmente.

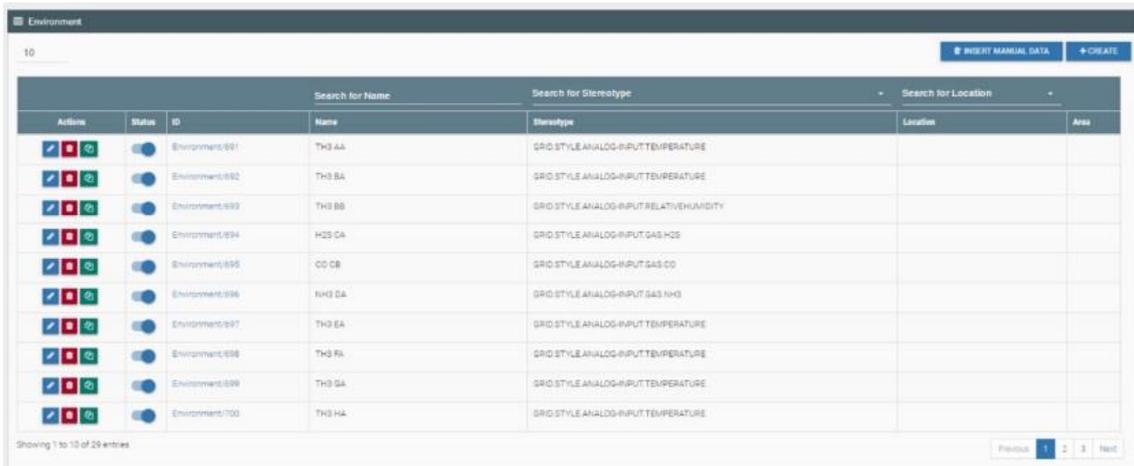


Figura 25 - Lista de variáveis de ambiente da plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: GRID)

Existe ainda a possibilidade de visualizar um gráfico com a evolução do valor de cada propriedade. Na figura 26, é mostrada a evolução do nível de CO no interior da instalação nas 24 horas anteriores.

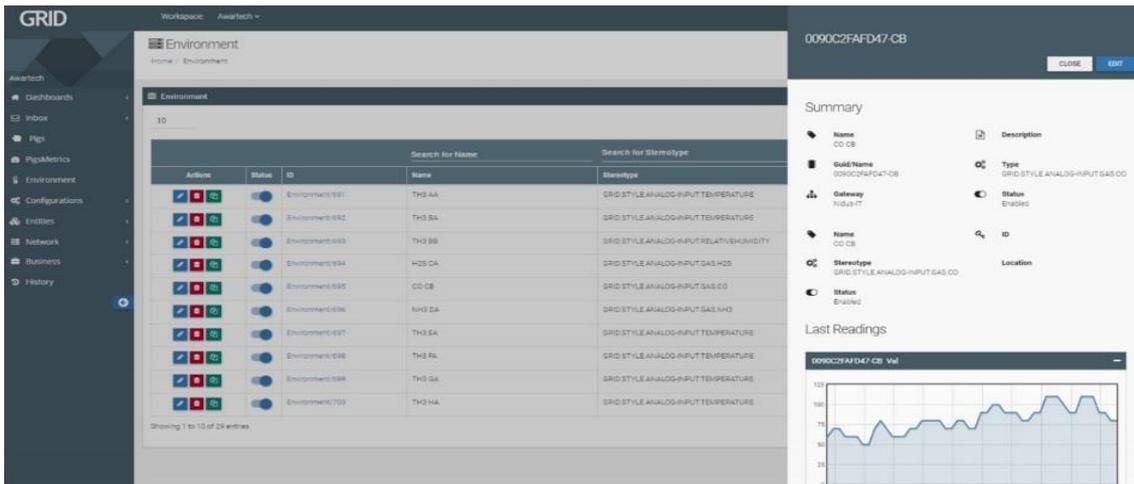


Figura 26 - Evolução dos níveis de CO durante 24 horas da plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: GRID)

No que diz respeito aos dados produtivos, são controlados tanto ao nível da quantidade de ração ingerida e peso vivo (g); curva de alimentação; e a permanência na estação de alimentação (s). A figura 27 mostra a quantidade de ração consumida (g) por um dos animais em cada uma das suas visitas à máquina de alimentação automática durante as últimas 24 horas.

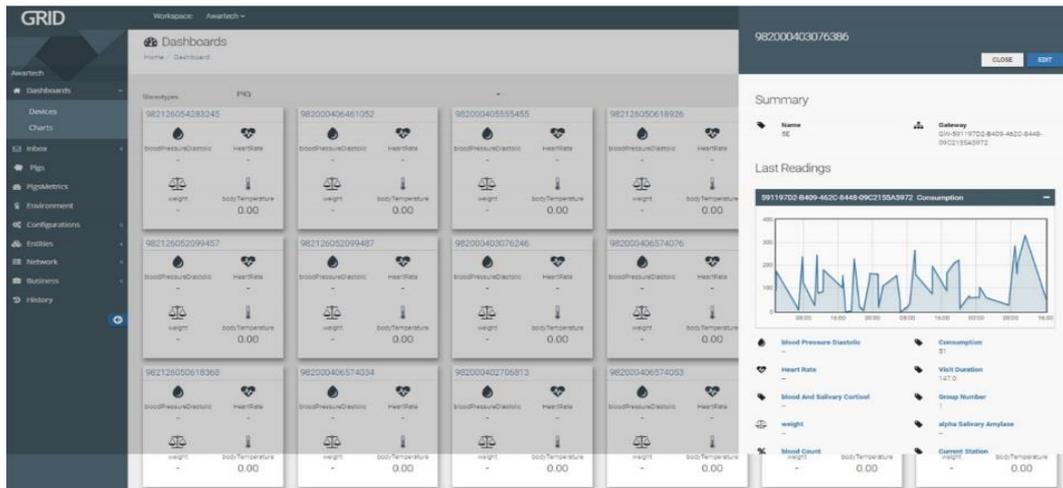


Figura 27 - Quantidade de alimento (g) consumido em cada visita nas últimas 24 horas da plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: GRID)

Atuação

Os mecanismos de atuação da plataforma Awartech Smart Sensing são baseados em mecanismos de *stream processing*, ou seja, os dados dos sensores são avaliados em tempo real, aquando da sua receção na plataforma.

Para que estes mecanismos se desenvolvam, a plataforma Awartech incorpora um motor de regras. Este motor de regras avalia os valores dos sensores assim que chegam à plataforma e, com base em condições pré-configuradas, estabelece uma ou mais ações. De seguida apresentam-se alguns exemplos de regras e ações consequentes:

- Se a temperatura da superfície corporal for superior a 38 °C então ligar sistema de ventilação e/ou aumentar ventilação;
- Se a temperatura da superfície corporal for inferior a 30 °C então ligar sistema de aquecimento e/ou diminuir ventilação.

A condição da regra é uma expressão lógica que é avaliada em tempo real enquanto as mensagens dos dispositivos estão a chegar à plataforma.

No caso da regra apresentada como exemplo, a condição é “*a temperatura da superfície corporal ser superior a 38°C*”. Esta condição tem que ser convertida numa expressão lógica. Neste sentido, ao analisar a condição e para que ela se verifique, várias circunstâncias têm de ocorrer em simultâneo:

- Uma mensagem de um dispositivo do tipo temperatura da superfície corporal tem que chegar à plataforma;
- Essa mensagem tem que reportar uma variável representando o valor da temperatura da superfície corporal;
- O valor dessa variável tem que ser superior a 38.

Como o GRID não tem ligação física direta aos mecanismos de controlo, não tem como atuar diretamente nos sistemas de condicionamento ambiental do pavilhão. No entanto, a NIDUS pode efetuar essa tarefa. Deste modo, a NIDUS ficou com a responsabilidade de atuar sobre o sistema de condicionamento

ambiental do pavilhão, sendo que as ordens de atuação são enviadas do GRID para a NIDUS.

Benefícios

A plataforma Awartech Smart Sensing vem ao encontro das necessidades de medir, monitorizar, controlar e atuar em tempo real em equipamentos de produção animal, remotos ou locais.

Oferece uma plataforma tecnológica que permite uma interoperabilidade entre subsistemas e equipamentos, conectando as várias infraestruturas e dispositivos e centralizando a sua operação.

Possibilita a correlação e comparação de todos esses dados recolhidos, identificar tendências e outras análises à medida das necessidades; a visualização, em tempo real, dos dados guardados na plataforma, gestão dos lotes de animais, consulta de histórico de informação; a configuração de regras de atuação que alteram o comportamento dos sistemas de controle ambiental das instalações, em função de condições pré-estabelecidas; e o ajuste dos parâmetros ambientais das instalações em função dos dados sensoriais recolhidos, em tempo real, baseado na análise e processamento destes dados (figura 28).

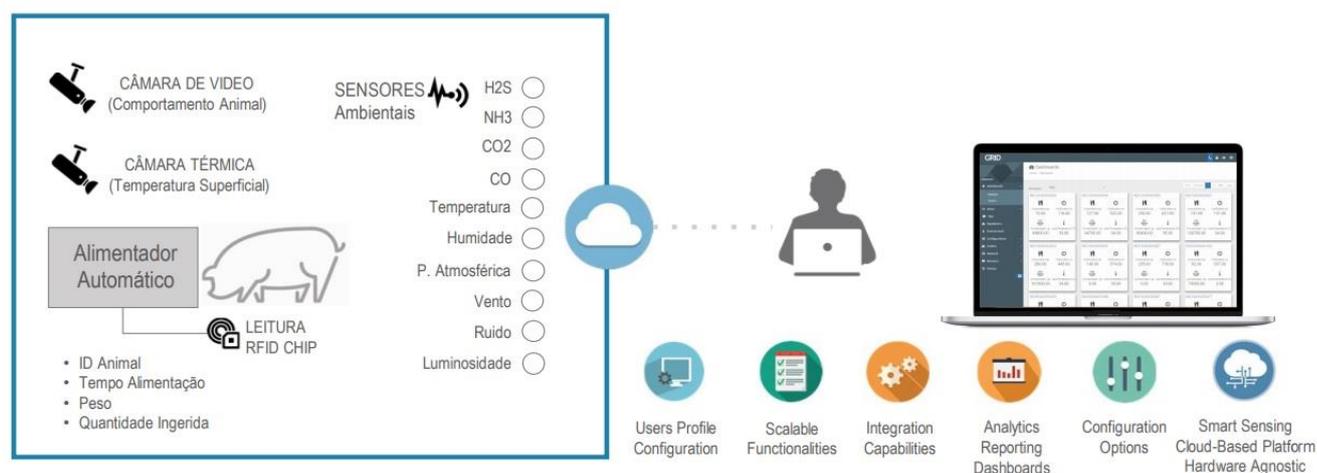


Figura 28 - Diagrama simplificado do funcionamento da Plataforma Awartech Smart Sensing (Fonte: Luís Lima, 2019)

8. Considerações finais

O Projeto AWARTECH foi um estudo pioneiro na utilização de conceitos da zootecnia de precisão na fase de crescimento e engorda de suínos em produção intensiva.

O seu principal objetivo foi lançar uma ferramenta de zootecnia de precisão que contribuísse para a sustentabilidade do setor suinícola. Apesar de durante a execução do projeto terem existido alguns constrangimentos, pode dizer-se que, de um modo geral, os objetivos propostos foram cumpridos.

A etapa small-lab foi fundamental na execução do projeto, uma vez que permitiu testar equipamentos e metodologias de recolha e monitorização de informação em tempo real e mensurar e avaliar um conjunto de variáveis ambientais e fisiológicas com impacto no bem-estar animal. Este trabalho serviu de suporte para o desenvolvimento da plataforma AWARTECH que integrou toda a informação monitorizada e recolhida nos animais, no ambiente térmico/aéreo e nos sistemas de visão artificial, em tempo real.

A informação integrada pela plataforma Awartech permitiu desenvolver algumas ordens de atuação sobre o ambiente interno da instalação, em tempo real, principalmente ao nível da qualidade do ar, de modo a proporcionar uma condição de maior bem-estar animal, o que se reflete nas performances produtivas.

A etapa living-lab permitiu aplicar em contexto real de produção os conhecimentos e tecnologias adquiridos ao longo do projeto. Nesta etapa surgiram diferentes desafios ao nível tecnológico e operacional.

Em relação às dificuldades sentidas ao nível tecnológico, a principal barreira encontrada foi a comunicação dos equipamentos com a plataforma, uma vez que a rede de internet é essencial na transmissão de informação. No entanto, foi possível ultrapassar esta situação através de um sistema de rede por satélite de um operador de comunicações.

Outro fator limitante sentido nesta etapa foi o ambiente de produção, visto que a qualidade do ar (concentração de gases, poeiras e partículas) existente na instalação teve um forte impacto sobre os equipamentos utilizados, uma vez que estas tecnologias contêm componentes bastante sensíveis e necessitam de manutenção periódica.

O nível de qualificação dos colaboradores também se revelou, devido ao elevado nível tecnológico envolvido, como um constrangimento durante grande parte da etapa living-lab, o que levou a uma grande necessidade de ações de formação dirigidas a estes colaboradores.

Apesar de todas as dificuldades encontradas no contexto real de produção, o sistema operou de acordo com o esperado, tendo as tecnologias testadas demonstrado potencial para serem utilizadas nestes sistemas de produção.

Este trabalho contribuiu, de forma significativa, para o avanço científico e tecnológico do setor suinícola, através da criação e desenvolvimento de uma ferramenta de zootecnia de precisão necessária para a sustentabilidade e futuro dos sistemas de produção de suínos. Para além disso, os conteúdos elaborados neste projeto servem de suporte para produção de futuros trabalhos, numa área que necessita de constante desenvolvimento e inovação.

Equipa de projeto

Equiporave Ibérica

Asdrubal Neves

CEO da Empresa e Coordenador Geral do Projeto AWARTECH

Nuno Neves

Sócio-Gerente da Empresa

Carlos Aguiar

Técnico responsável pelos sistemas de condicionamento ambiental

David Botas

Responsável técnico da empresa no Projeto AWARTECH

Carlos Alberto Ribeiro

Técnico de manutenção

Hugo Rato

Técnico de manutenção

Universidade de Évora

Vasco Fitas da Cruz

Coordenador Científico

Rui Charneca

Investigador

Fátima Baptista

Investigador

Elsa Lamy

Investigador

Alfredo Pereira

Investigador

Pedro Salgueiro

Investigador

Fernando Capela e Silva

Investigador

Maria Raquel Lucas

Investigador

João Figueiredo

Investigador

Luís Rato

Investigador

José Carlos Rico

Bolseiro

Catarina Martins

Bolseiro

Teresa Morgado

Bolseiro

Diogo Rezende Coelho

Consultor Internacional

Hexastep

Delfim Pires

Responsável geral da Componente Tecnológica

Luís Lima

Responsável pelo Desenvolvimento da Componente Tecnológica

Hugo Órfão

Técnico superior



Agradecimentos

Finalizando o Projeto, a equipa do mesmo agradece às seguintes pessoas e entidades pelas valiosas contribuições prestadas ao longo da sua execução:



Universidade de Évora

Pedro Caetano (Médico Veterinário)
Joel Barrenho (Técnico informático)
Jorge Marques (Tratador dos animais)
César Amaral (Serviços técnicos)



SIAS - Sociedade Industrial Alentejo E Sado, S.A.

João Vilhena (Administrador)
Pedro Costa (Colaborador)
Fernando Morgado (Colaborador)



ZEA - Sociedade Agrícola Unipessoal, Lda.

Bruno Rentes (Técnico superior)
Eliseu Rebocho (Colaborador)



MATSEL - Matadouro Regional do Alto Alentejo, S.A.



Estremozcarnes - Indústria e Comércio de Carnes, Lda.

ESTREMOZcarnes
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE CARNES, LDA



Transportes Barradas



ANCPA - Associação Nacional de Criadores de Porco Alentejano

João Lambuça (Técnico superior)



FPAS - Federação Portuguesa de Associações de Suinicultores



CapTemp, Lda.

