

TECNOLOGIA RFID PARA MONITORAMENTO E RASTREABILIDADE NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA

Data de submissão: 29/07/2024

Data de aceite: 01/10/2024

Fernanda Cristina Kandalski Bortolotto

College professor at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

Alini Thaynara Tomaz

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

Bruna Bacon Bark

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

Felipe Bachtchen

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

Itacir Bertussi Neto

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

Tayna Borges de Almeida

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

RESUMO: A produção de proteína suína é uma atividade muito significativa para o agronegócio brasileiro. Produtores estão vendo a necessidade de adequação frente a demandas impostas por normas nacionais e pelo mercado internacional, para garantia de produtividade, qualidade, rastreabilidade

e bem-estar animal. Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologias que possibilitam integrar esses fatores em prol de uma produção melhor e mais eficiente vem ganhando espaço. A tecnologia de coleta e transmissão de dados por meio do sistema RFID é uma possibilidade para atender estas demandas. No presente trabalho é apresentado uma proposta de monitoramento e rastreabilidade da produção suína utilizando a tecnologia RFID. A proposta inclui o implante de um microchip no animal dotado de um sistema de leitura de dados, além de um sensor de temperatura para monitoramento do status sanitário deste. A partir dos dados coletados e enviados a um sistema, este poderá analisar e identificar anomalias para permitir tomada de decisões assertivas, visando maior eficiência no processo produtivo. Análise financeira ainda será executada.

PALAVRAS-CHAVE: suinocultura, rastreabilidade, bem-estar, RFID, tecnologia

RFID TECHNOLOGY FOR MONITORING AND TRACEABILITY IN PORK PRODUCTION

ABSTRACT: The production of pork protein is a very significant activity for Brazilian

agribusiness. Producers are seeing the need to adapt to demands imposed by national standards and the international market, to guarantee productivity, quality, traceability and animal welfare. In this context, the development of Technologies that make it possible to integrate these factors of better and more efficient production is gaining ground. Data collection and transmission technology through the RFID system is a possibility to meet these demands. In this work, a proposal for monitoring and traceability of swine production using RFID technology is presented. The proposal includes the implantation of a microchip in the animal equipped with a data Reading system, in addition to a temperature sensor to monitor its health status. From the data collected and sent to a system, it can analyze and identify anomalies to allow assertive decision-making, aiming for greater efficiency in the production process. Financial analysis will still be performed.

KEYWORDS: pig production, traceability, welfare, RFID, technology

INTRODUÇÃO

A suinocultura é sem dúvida um dos destaques do agronegócio brasileiro. A produção de carne suína brasileira foi de 5,1 milhões de toneladas em 2023, sendo o Brasil o 4º maior produtor mundial e exportador, com 1,2 milhão de toneladas exportadas, representando 120 bilhões do PIB nacional, gerando 4 milhões de empregos diretos e indiretos, segundo dados do último relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2023).

Contudo muitos mercados importadores, como a União Europeia, exigem rastreabilidade de produção, sendo essa a capacidade de identificar a origem e seguir com a movimentação de um produto de origem animal durante as etapas de produção, distribuição e comercialização, tanto das matérias-primas como dos ingredientes e dos insumos utilizados (BRASIL, 2020). A rastreabilidade se torna necessária para identificar um produto desde sua origem, proporcionando uma gestão da cadeia produtiva, uma vez que visa garantir o bem-estar animal, segurança alimentar, confiança ao consumidor e conformidade regulatória, sendo uma exigência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A rastreabilidade é o primeiro passo para atender às demandas dos consumidores do mundo, que se tornam cada vez mais exigentes quanto à qualidade e a inocuidade dos alimentos. O produtor precisa da rastreabilidade como ferramenta de gestão, de captação e registro de dados zootécnicos e de manejo. Empresas comerciais desejam a identificação para que possam oferecer aos clientes produtos de qualidade e de origem conhecida (DILL; VIANA, 2012). Finalmente, o consumidor está cada vez mais interessado na origem da carne que consome e principalmente na forma de criação desses animais. Transparência com os consumidores em relação a origem dos alimentos é necessária para dar credibilidade aos negócios (EXAME, 2017). Para a cadeia do agronegócio, sujeita a crescentes pressões para cumprir padrões de sustentabilidade, rastreabilidade é sinônimo de estratégia, ajudando a responder as demandas por bem-estar animal e respeito às

normas de proteção ao meio ambiente.

Para aumentar produção e conseqüente participação no mercado mundial de produção de proteína, os produtores brasileiros precisam investir em formas de maximizar produção. Uma forma de conseguir isso é automação e cuidar da sanidade do plantel. No quesito sanidade, investir em ações que previnam e antecipem diagnóstico de doenças é uma vantagem a ser conquistada.

Além da rastreabilidade ser uma determinação da legislação brasileira e dos mercados compradores de carne, outras exigências estão fazendo com que produtores revejam seus sistemas de criação, como é o caso das boas práticas de manejo e de bem-estar animal para granjas de suínos de criação comercial, trazido pela instrução normativa do MAPA de 2020. (BRASIL, 2020). A normativa traz prazos para adequação dos produtores em vários aspectos, dentre eles a proibição de condutas agressivas e a necessidade de avaliação diária dos animais para identificação de possíveis problemas de saúde e bem-estar. Práticas antigas deverão ser deixadas de lado, e a tecnologia ganhará espaço para que produtores se adequem às recomendações.

No processo de modernização da suinocultura a adesão a novas tecnologias vem ganhando notoriedade, traduzindo-se em melhora dos índices produtivos e produção com sustentabilidade. Isso fica evidente quando se observam as transformações e avanços em instalações, sanidade, nutrição, genética e bem-estar. Atualmente fala-se em suinocultura 4.0, fazendo uma referência à quarta revolução industrial, a qual traz o monitoramento de dados zootécnicos através do uso de ferramentas tecnológicas, como a internet das coisas e a big data.

Apesar da vantagem brasileira na produção de carne suína através do elevado status sanitário do plantel, temos ainda muita falta de cultura com relação a prevenção de doenças e implementação de medidas de biossegurança, o que acaba por deixar os animais vulneráveis a entrada de novas enfermidades. Leal et. al (2018) aponta em seu estudo três gargalos da suinocultura hoje: gestão adequada de dados, prevenção de doenças e bem-estar-animal.

Dentre os sistemas e tecnologias já empregados a favor da produção animal, algumas combinações podem trazer resultados positivos. A tecnologia de comunicação sem fio RFID (Radio Frequency Identification) foi desenvolvida para fins de identificação e rastreamento de objetos, animais, produtos e outros itens por meio radiofrequência. É uma tecnologia que, apesar de já existir há algumas décadas (WEIS, 2007), apresenta grande crescimento no ramo da IoT (*Internet of Things*, ou, em português, Internet das Coisas) (ALHARBE et. al, 2013; DUROC, 2022) e se aproveita da tendência geral na indústria tecnológica pela redução do tamanho de componentes eletrônicos. A principal finalidade desse sistema é a coleta de dados de maneira rápida e remota, a fim de facilitar o gerenciamento do processo em que está envolvido, particularmente nas áreas de identificação e segurança (NEUSTUPA, 2015). Para tal, a comunicação via RFID utiliza tags de identificação única

e leitores, que geralmente possuem uma antena amplificadora acoplada (ALHARBE et. al, 2013). Além disso, para o processamento e interpretação dos dados, são necessárias aplicações e outros softwares que auxiliarão a pessoa tomadora de decisões.

Dessa forma o presente trabalho tem como objetivo conceituar e propor uma ferramenta tecnológica, RFID, para monitoramento e rastreabilidade suína no Brasil, melhorando a gestão dos dados zootécnicos, prevenindo e diagnosticando precocemente enfermidades, além de atender as necessidades e exigências com relação ao bem-estar animal. A tecnologia RFID será explorada com foco na gestão de uma granja de suínos, através da coleta e armazenagem de dados, e de aplicações de controle, possibilitando a implementação da Indústria 4.0 na criação de suínos, por meio de um sistema de monitoramento constante. Utilizando o implante de um microchip, indo além da tecnologia já adotada atualmente (TEKIN et. al, 2021), adicionando funcionalidades sistêmicas e sensores de temperatura. Assim, será possível melhorar as tomadas de decisões estratégicas e facilitar a detecção de anomalias, que podem ser causadas por fatores como doenças ou falhas de manejo, para então reduzir perdas na produção.

METODOLOGIA

A seguir será apresentada a proposta da tecnologia de monitoramento e rastreabilidade na criação de suínos por meio do sistema de implantação de microchips e utilização da tecnologia RFID.

TECNOLOGIA RFID

RFID – *Radio-Frequency Identification*, é uma tecnologia de transmissão sem fios de dados que permite a identificação e comunicação entre objetos e leitores, também conhecidos como *tags* e *readers*, respectivamente (ALHARBE, 2013). Essa tecnologia possui várias camadas técnicas, utilizam transponders de leitura e escrita ou de leitura apenas, que transmitem a informação através de um campo de indução. Além de pouca ou nenhuma necessidade de manutenção, seu tempo de vida é praticamente ilimitado (DUROC, 2022).

O sistema RFID pode funcionar de três maneiras – ativa, passiva ou semi-passiva, dependendo dos seus componentes e da compatibilidade entre eles (DUROC, 2022). As tags passivas não possuem fonte de energia própria, elas dependem do campo de radiofrequência emitido pelo leitor para seu funcionamento, permanecendo desligadas sem efetuar leituras ou transmissões de dados enquanto não são utilizadas. Na comunicação ativa, por outro lado, as tags têm sua própria fonte de energia, geralmente baterias, para alimentar um transmissor de radiofrequência, e são capazes de transmitir informações continuamente. Já as semi-passivas – também chamadas de tags BAP (*Battery Assisted Passive*) utilizam de uma bateria para alimentar o circuito da tag e sensores mais específicos,

como acelerômetros e giroscópios, por exemplo, mas transmitem as informações do mesmo modo que as tags passivas. A tag retorna o sinal de radiofrequência recebido por meio do princípio de reflexão das ondas eletromagnéticas, emitindo seus próprios sinais de volta para a antena conforme demonstra figura 1.

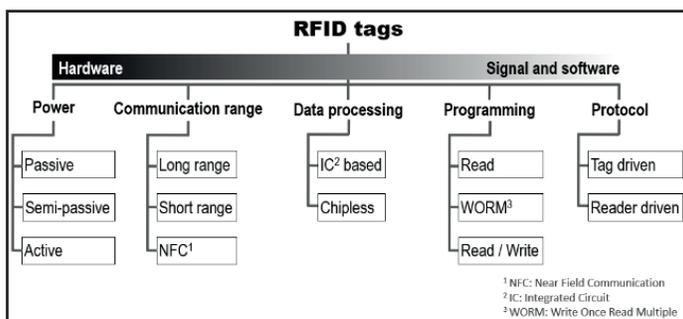


Figura 1 – diferentes tipos de classificação das tags RFID

Fonte: From Identification to Sensing: RFID Is One of the Key Technologies in the IoT Field (DUROC, 2022).

Esses sinais de rádio podem apresentar diferentes faixas de frequência, e precisam estar compatíveis com os componentes envolvidos no sistema. De maneira geral, as faixas de radiofrequência costumam ser classificadas da seguinte maneira, de acordo com Duroc (2022):

- Baixa Frequência/Low Frequency (LF): 125-134 kHz
- Alta Frequência/High Frequency (HF): 13.56 MHz
- Ultra Alta Frequência/Ultra-high Frequency (UHF): 860-960 MHz
- Frequência Extremamente Alta/Extremely High Frequency (EHF): 24-30 GHz

Cada faixa de operação estará associada a uma distância de leitura diferente. Em um ambiente ideal, ignorando interferências causadas pelo ar e outros materiais presentes, as distâncias e faixas de operação podem ser classificadas de acordo com a figura 2.

	PASSIVE			ACTIVE
FREQUENCY	LF	HF & NFC	UHF	UHF-µW
	125/134 KHz	13.56 KHz	860-915 MHz	433 MHz-5.8 GHz
READ DISTANCY	max. 50 cm	max. 1 m	max. 15 m	max. 300 m
TAGS	small, cheap, easy to produce			more expensive own battery

Figura 2 – distância de leitura das tags RFID

Fonte: AUCXIS – RFID Solutions.

Os chips de identificação existentes no mercado fazem uso do modelo de baixa

frequência, que apresentam grande eficiência na comunicação de pouca quantidade de dados e em uma distância pequena, dificilmente superior a 10mm entre chip e leitor. Para este estudo, portanto, tomaremos como objetivo a utilização da tecnologia passiva de ultra alta frequência, na faixa entre 860 MHz e 960 MHz, devido a necessidade do monitoramento de múltiplas unidades simultâneas em uma distância maior, considerando baias padrão de um sistema de terminação de suínos. Como baias padrão serão consideradas as recomendações contidas no Manual de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos (EMBRAPA, 2011), considerando 1m²/suíno (100 Kg) com galpões de 8-12m de largura, 3-3,5m de pé direito e comprimento variável com número de animais alojados.

IMPLANTE

O chip será inserido em uma cápsula de vidro biocompatível – borossilicato (KIDO, 2011), com revestimento parcial em material antimigratório. Assim, o implante deverá ser acondicionado no local mais adequado para o melhor aproveitamento dos sensores e a menor possibilidade de interferências na leitura, reduzindo, ainda, a possibilidade de rejeição, reações alérgicas ou inflamações. O material antimigratório se ligará ao tecido do animal, em seu tecido subcutâneo, fixando a capsula no lugar em pouco tempo após a aplicação.

Uma das substâncias mais inovadoras nesse campo é o *Parylene*, um polímero sintético que já é utilizado na medicina como revestimento de implantes em seres humanos, e tem se mostrado importantíssimo na manutenção da segurança e durabilidade de implantes (HAO et. al, 2023). O *Parylene* age como uma barreira protegendo tanto o portador do implante como o próprio dispositivo. O material impede a penetração de fluidos corporais, que poderiam causar corrosão, deterioração e até, nos piores casos, lixiviação dos componentes na corrente sanguínea – processo de liberação química que acarretaria envenenamento.

A substância também age como isolamento elétrico, reduzindo interferências e curtos que podem ocorrer caso o portador entre em contato com eletricidade (COELHO et. al, 2023).

Todos esses pontos positivos são confrontados por um contraponto importante: seu custo. O processo de deposição desse polímero é complexo e requer equipamentos especializados, o que o torna mais caro que outros tipos de revestimento, mesmo que seus benefícios sejam superiores (KIM et. al, 2013). Na figura 3 temos uma representação de placas eletrônicas revestidas com o material sugerido (*Parylene*), e as mesmas placas sem o revestimento.

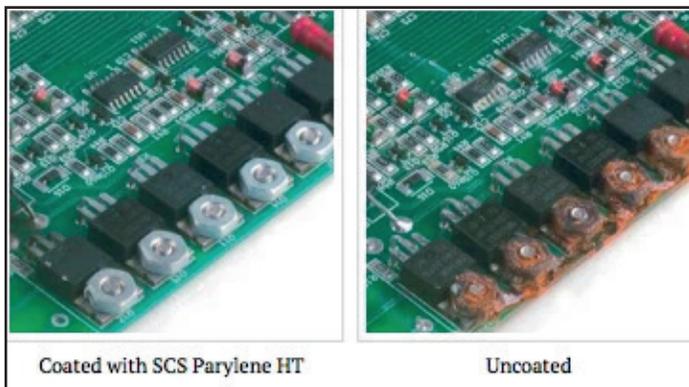


Figura 3 – placas eletrônicas com e sem revestimento em *Parylene*.

Fonte: KISCO Specialty Coating Systems, Inc.

SISTEMA DE MONITORAMENTO

A interface de gestão será desenvolvida utilizando *bootstrap*, um framework que trabalha com diversas linguagens de marcação e programação na criação de websites responsivos, que se adaptam automaticamente a diversas resoluções de tela (SHAHZAD, 2017). Também será utilizado o PHP (*Hypertext Preprocessor*), uma linguagem de programação de script utilizado na criação de aplicativos web dinâmicos, e suporta uma variedade de bancos de dados, dentre eles o MySQL (PHP Group). MySQL é um banco de controle e armazenamento de dados de código aberto, o que o torna muito confiável e compatível com todos os provedores comuns (OHYVER, et. al, 2019), deste modo, o gerenciamento do banco de dados poderá ser vinculado ao módulo de rastreabilidade da Plataforma de Gestão Agropecuária (PGA) (BRASIL, 2015). O banco de dados deste projeto utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language*) para administrar e manipular dados. O sistema contará, portanto, com funcionalidade de cadastro de novos animais, monitoramento de informações em tempo real, registro e atualização de dados, programação de leituras agendadas, geração de relatórios de maneira manual e automática.

Para as informações de registro de cada animal, serão utilizados os seguintes dados:

- Número do Registro Geral de Animais.
- Data do registro e identificação da origem.
- Nome do animal, porte, sexo, raça ou linhagem, cor.
- Idade (real ou presumida).
- Dados sobre saúde do animal, histórico de leituras (sensores do microchip), vacinas, situação reprodutiva, conversão alimentar, peso.
- Registros individuais dos estados, como baixa de desígnio, transferência, mu-

dança de fases de criação, abate.

- Registros individuais de ocorrências.

Para a confecção do chip serão necessários componentes já existentes no mercado. Sensor de temperatura associado ao chip RFID com transponder constituído de um código de identificação única, antena e capacitores para manutenção do seu funcionamento por um período após a ativação, conforme demonstra a figura 4.

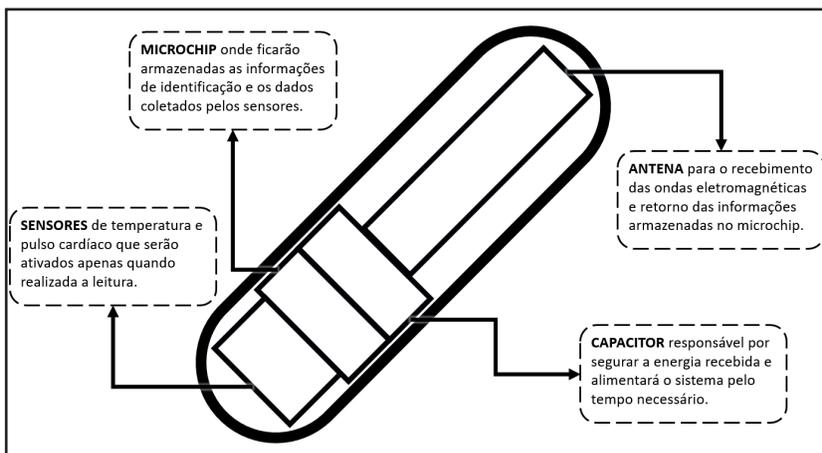


Figura 4 – Esquematização básica da estrutura do implante

Fonte: Autores

As leituras dos chips serão realizadas periodicamente de maneira manual ou automática, em intervalos definidos pela pessoa gestora. Os dados serão coletados através do uso de antenas RFID associadas a um leitor integrado, com programação em software proprietário do fabricante dos dispositivos. O sistema de leitura terá potência máxima de RF de 26dBm, suportará os protocolos ISO 18000-6C e 18000-6B, operando nas faixas de 902 a 907 Mhz e de 915,1 a 928 Mhz, com distância de leitura aproximadamente 6 metros – tendo alcance final reduzido devido a interferências ambientes e a posição subcutânea dos implantes (MURAMATSU; KODAMA, 2023). As antenas serão posicionadas a cada 4 metros, instaladas a uma altura máxima de 3 metros, com sua face voltada ao recinto dos animais.

A infraestrutura seguirá a comunicação por meio de cabos de rede até o computador que gerencia o servidor. De maneira automática, os dados serão inseridos diretamente no banco de dados lógico, que, via protocolos de rede, estará integrado aos bancos de dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), atendendo todas as exigências da instrução normativa que institui a PGA (BRASIL, 2015). Nesse sistema, estarão definidos padrões de medição de acordo com os parâmetros veterinários. Esses padrões servirão de *benchmarking* interno para comparação com as leituras realizadas, e assim qualquer

alteração poderá ser tratada de maneira ágil e orientada. A figura 5 representa um esquema básico da estruturação e funcionamento do projeto.

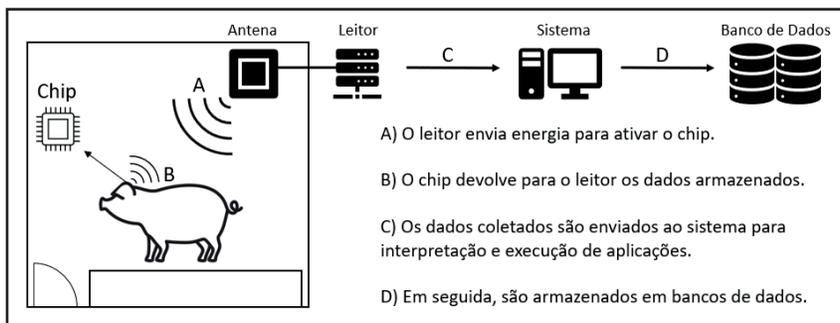


Figura 5 – Esquemática básica do funcionamento do projeto

Fonte: Autores.

A avaliação das alterações da temperatura corporal há muito tempo vem sendo alvo de estudo, devido correlação com enfermidades. De acordo com Adams (1990): “Hipócrates descobriu que quando uma parte do corpo é mais quente ou mais fria do que o restante, é um indicativo de que a doença está presente nesta parte”.

Pequenas mudanças termogênicas em tecidos específicos podem refletir doenças ou mudanças da função fisiológica. Estas alterações são capazes de ser regularizadas por medições e tratamentos não medicamentosos (SCOLARI, 2011).

Sensibilidade da leitura dos padrões de temperatura se refere à quantidade de diferença de temperatura que podem ser detectados e é medida em graus Celsius. Os sensores com sensibilidade moderada podem detectar diferenças de temperatura na ordem de 0,1°C e os de boa qualidade sensibilidade até quatro vezes menores ou 0,025°C.

A termometria, associada a outras técnicas, como exame clínico, apresenta potencial para ser uma ferramenta auxiliar no diagnóstico e prognóstico de diversas alterações. Dentre elas, pode ser realizada uma avaliação de bem-estar para que seja feita um controle correto do ambiente. Apesar de serem animais homeotérmicos, os suínos não apresentam um aparelho termorregulador bem desenvolvido, uma justificativa já muito bem estudada para isso é o fato de não possuírem glândulas sudoríparas funcionais (BERTON, 2013). Dessa forma o conforto térmico e as oscilações de temperatura corpórea são bem estudados e avaliados a fim de manutenção dos melhores padrões de sanidade e manejo.

DISCUSSÃO

A proposta apresentada neste estudo vem de encontro às exigências nacionais e internacionais (BRASIL, 2020; BRASIL, 2015; FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL, 2009) no que tangem tanto o monitoramento como a rastreabilidade do plantel, mas principalmente no quesito de promoção de bem-estar.

A demanda por produtos limpos, saudáveis e seguros está em amplo crescimento no mercado mundial, principalmente no que diz respeito aos alimentos de origem animal. Assim, surge à necessidade do produtor de possuir instrumentos tecnológicos que auxiliem na gestão de produção, fiscalização, coleta de dados zootécnicos desde nascimento até o abate para a obtenção de qualidade, inocuidade alimentar, eficiência e eficácia na produção (DILL, VIANA, 2012). A tecnologia já é uma realidade na suinocultura moderna, e vem sofrendo ajustes e aprimoramentos.

Para garantir a rastreabilidade na produção suína há vários sistemas estudados e propostos que podem ser aplicados como o tradicional, eletrônico, biométrico e até os que utilizam exames laboratoriais, como análise de DNA. Sendo escolhidas pelos produtores conforme a sua acessibilidade, custo e praticidade de operação.

Nos sistemas tradicionais, os brincos plásticos numerados, moxa (píques nas orelhas) e tatuagens, são facilmente lidos por humanos e são uma tecnologia relativamente barata (PEREIRA, 2000). A moxa auricular, que apesar de ser um sistema limitado, pois permite o controle individual de até 1.599 animais, é também um processo doloroso e de difícil aplicação, não compatível com as normas de bem-estar animal. A tatuagem tem a possibilidade de apagar com o tempo tornando-se de difícil visualização. Brincos plásticos têm a possibilidade de cair ou serem retirados por outros animais; podem ocorrer erros de leitura e fixação de impurezas no código de barra/números e assim, dificultando ou inviabilizando a leitura (DILL, VIANA, 2012).

Os sistemas eletrônicos, incluem os brincos, anéis, colares com transponders, além dos transponders subcutâneos. A identificação por transponder subcutâneo é rápida e precisa, inclusive durante etapa de abate (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2022). Brincos e colares com chips, são utilizados por alguns produtores, mas ainda representam muitos erros, principalmente devido a serem facilmente retirados pelos próprios animais por curiosidade, e na fase de abate são retirados com facilidade perdendo-se rastreabilidade se outro método ou controle não for aplicado. Os chips subcutâneos apresentam a única desvantagem de relatos de migração e perda de leitura (DILL, VIANA, 2012). Em nosso sistema, com a utilização do *Parylene*, o implante fica antimigratório e os dados coletados não se perdem. Após padronização do local de aplicação do chip, também não haverá problemas no quesito de segurança alimentar devido implante ser considerado um corpo estranho.

Os sistemas biométricos se dão por leitura da retina ou escaneamento da íris. Os vasos sanguíneos da retina são únicos para cada animal e estável durante sua vida. Já na íris, seus desenhos são únicos para cada animal e estável no tempo, mas, não se tem certeza de quando estabilizam (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2022). Infelizmente esse método tem como desvantagem o tempo elevado para a obtenção da leitura da retina/íris do animal e se tem necessidade frequente de dominar o animal, além do alto custo (DILL, VIANA, 2012).

Como já ocorre na pecuária de precisão, a produção de carne suína precisa considerar um sistema de gestão digital que mede continuamente a produção, reprodução, saúde e bem-estar dos animais do plantel através do uso de ferramentas de tecnologia da informação (TEKIN et. al, 2021). Numa produção convencional, decisões baseiam-se em avaliações, julgamentos e experiência de produtores, médicos veterinários e trabalhadores das granjas. A crescente demanda por produção e o elevado número de animais dos plantéis torna difícil esse tipo de acompanhamento sem o uso da tecnologia. Uma pessoa não é capaz de monitorar um animal 24h por dia. Fazer uso de ferramentas tecnológicas ajuda na coleta e análise de dados e torna a tomada de decisões mais assertivas.

CONCLUSÃO

A produção de carne precisa combinar requisitos de bem-estar animal, ética, rastreabilidade e sustentabilidade para se tornar competitiva e eficiente, e isso se torna muito mais fácil e confiável quando dados reais são obtidos e analisados com o uso da tecnologia da informação. O monitoramento por meio do chip implantado e com dados coletados via sistema RFID permite que produtores tenham rápido acesso a indicadores indispensáveis ao gerenciamento e condução de seu negócio, além de atendimento às exigências dos órgãos regulamentadores e do mercado consumidor. Essa é a proposta de nossa aplicação, que ainda precisa de mais estudos principalmente na questão de análise de custos e viabilidade econômica, mas que serão as próximas etapas a serem exploradas.

REFERÊNCIAS

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2023**. Disponível em <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2024.

ADAMS, F. **The genuine works of Hippocrates**. Baltimore: Williams&Wilkins, 1990.

ALHARBE, N., et al. **Application of ZigBee and RFID technologies in healthcare in conjunction with the Internet of Things**, 2013. DOI:10.1145/2536853.2536904. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259811925_Application_of_ZigBee_and_RFID_Technologies_in_Healthcare_in_Conjunction_with_the_Internet_of_Things. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

BERTON, M. P. **Ambiente controlado e não controlado no desempenho, comportamento e características de carcaça de suínos**. 2013.

BRASIL, Decreto nº10468 de 18 de agosto de 2020, **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal**, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, 20 de agosto 2020.

BRASIL, Instrução Normativa nº113, de 16 de dezembro de 2020, **Boas práticas de manejo e bem-estar animal em granjas de suínos de criação comercial**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, 18 de dezembro de 2020.

BRASIL, Instrução Normativa nº 23, de 27 de agosto de 2015, **Instituição da Plataforma de Gestão Agropecuária – PGA**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, 28 de agosto de 2015.

COELHO, B. J. et al. **Parylene C as a Multipurpose Material for Electronics and Microfluidics. Polymers (20734360)**, v. 15, n. 10, p. 2277, 2023. DOI 10.3390/polym15102277. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=8410a671-380c-3e7b-a817-757eb67f8cb5>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

DILL, Matheus Dhein e VIANA, João Garibaldi Almeida. **Desafios e oportunidades da identificação eletrônica em suínos**. PUBVET, Londrina, v. 6, n. 34, ed. 221, art. 1467, 2012.

DUROC, Y. **From Identification to Sensing: RFID Is One of the Key Technologies in the IoT Field**. Sensors (Basel, Switzerland), v. 22, n. 19, 2022. DOI 10.3390/s22197523. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=c76e7a53-8c60-3d70-b94c-be953d9bd651>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

EMBRAPA, 2011. **Manual de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos**. Associação Brasileira de Criadores de Suínos, MAPA, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

EXAME, Negócios. **Consumidor global quer saber origem da carne que consome**. 28/09/2017. Disponível em <https://exame.com/negocios/consumidor-global-quer-saber-origem-da-carne-que-come/>. Acesso em 15/07/2024.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. **Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future**. 2009. p.1-59. Disponível em: www.fawc.org.uk, Acesso em 15/07/2024.

HAO, Dake et al. **A bio-instructive parylene-based conformal coating suppresses thrombosis and intimal hyperplasia of implantable vascular devices**. Bioactive Materials, v. 28, p. 467-479, 2023.

KIDO, Hueliton Wilian. **Biocompatibilidade da Vitrocerâmica Bioativa (Biosilicato): Análises in vitro e in vivo**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

KIM, B. J.; KUO, J. T. W.; HARA, S. A.; LEE, C. D.; YU, L.; GUTIERREZ, C. A.; HOANG, T. Q.; PIKOV, V.; MENG, E. **3D Parylene sheath neural probe for chronic recordings**. Journal of Neural Engineering, v.10, p. 1-16, 2013.

LEAL, Diego, F.; GAMEIRO, Augusto H.; MURO, Bruno, B.D.; DUTRA, Maurício, C.; CARNEVALE, Rafaella F.; GARBOSSA, Cesar, A.P. **Diagnóstico Situacional dos atuais gargalos da suinocultura brasileira**. Capítulo VI, p. 109-122, Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal, 2018. FMVZ/USP – Pirassununga.

MURAMATSU, D.; KODAMA, M. **Signal transmission analysis in implantable human body communication for abdominal medical devices**. AIP Advances, v. 13, n. 8, p. 1–6, 2023.

NEUSTUPA, Z. et al. **Ensuring the security of warehouse using automatic identification by RFID**, 2015. DOI:10.1109/CarpathianCC.2015.7145100. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308818637_Ensuring_the_security_of_warehouse_using_automatic_identification_by_RFID. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

PEREIRA, F.A. **Potencial dos marcadores genéticos na suinocultura**. IN: Seminário Internacional de Suinocultura, n.5°.2000. Anais eletrônicos. São Paulo, 2000. 5p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/126575874-Potencial-dos-marcadores-geneticos-na-suinocultura.html>. Acesso em 15 out. 2023.

SCOLARI, S.C.; CLARK, S.G.; KNOX, R.V. **Vulvar skin temperature changes significantly during estrus in swine as determined by digital infrared thermography**. Journal Swine Health Production. 151–155. 2011.

SHAHZAD, F. **Modern and responsive mobile-enabled web applications**. Procedia Computer Science, vol. 110, pp. 410–415, 2017.

SUINOCULTURAINDUSTRIAL, **Sistemas de identificação**. Suinocultura industrial. 2022. Disponível em: <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/sistemas-de-identificacao/20221118-153802-0137>. Acesso em: 30 set. 2023.

OHYVER, M. et al. **The comparison firebase realtime database and MySQL database performance using Wilcoxon signed-rank test**. Procedia Computer Science, vol. 157, p. 396–405, 2019.

The PHP Group. **Documentação PHP, Extensões de Banco de Dados**. Disponível em: https://www.php.net/manual/pt_BR/refs.database.php. Acesso em: 26 de outubro de 2023.

TEKIN, Koray; YURDAKÖK-DİKMEN, Begüm; KANCA, Halit; GUATTEO, Raphaël. **Precision livestock farming technologies: Novel direction of information flow**. Ankara University, Vet Fak Derg, v.68, p.193-212, 2021.

WEIS, Stephen A. **RFID (radio frequency identification): Principles and applications**. System, v.2, n.3, p. 1-23, 2007.