



# UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: DETEÇÃO DE PARTOS EM PEQUENOS RUMINANTES

Os sensores inerciais proporcionam um meio não intrusivo e eficaz de monitorização de partos em pequenos ruminantes, ajudando a melhorar o bem-estar animal e a otimizar as práticas de gestão nas explorações.

A utilização de sistemas inteligentes como as soluções tecnológicas baseadas em sensores inerciais e algoritmos de inteligência artificial está a revolucionar a produção animal ao permitir a pecuária de precisão e práticas de gestão agropecuária inteligentes apoiadas por dados, eficientes e sustentáveis. Os sensores podem ser usados para monitorizar vários aspetos da saúde e bem-estar animal, comportamento e condições ambientais em tempo real, proporcionando aos produtores informações sobre os seus animais, não disponíveis anteriormente. Os sensores colocados diretamente nos animais desempenham um papel crucial nesta revolução. Estes dispositivos têm a capacidade de monitorizar sinais vitais, padrões de movimento e comportamentos alimentares de animais individualmente (Figura 1), permitindo aos criadores identificar problemas de saúde numa fase precoce ou otimizar a gestão nutricional. Por exemplo, os sensores podem monitorizar a temperatura corporal<sup>[1]</sup>, a frequência



**Figura 1** – Monitorização do comportamento caprino usando sensores inerciais.

M.R. Marques<sup>1</sup>, A.T. Belo<sup>1</sup> e P. Gonçalves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



<sup>2</sup> Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda e Instituto de Telecomunicações, Universidade de Aveiro



cardíaca e a frequência respiratória de um animal<sup>[2]</sup>, o pH e a temperatura ruminal<sup>[3]</sup>, alertando os agricultores para possíveis doenças antes de surgirem sintomas visíveis. Ao analisar os padrões de movimento, os produtores podem identificar claudicação associada à pieira<sup>[4]</sup> ou outros problemas de mobilidade. Monitorizar os hábitos alimentares<sup>[5-7]</sup> ajuda a personalizar as dietas às necessidades individuais dos animais, garantindo um crescimento, saúde e bem-estar ótimos, contribuindo também para o aumento da produtividade e melhor qualidade dos produtos de origem animal. Além disso, a utilização de sistemas inteligentes pode reduzir os custos com mão de obra, minimizar desperdícios e melhorar a eficiência produtiva.

O verdadeiro poder das tecnologias inteligentes aplicadas à pecuária reside na sua capacidade de recolher e analisar grandes quantidades de dados. Ao integrar dados de vários tipos de sensores (acelerómetros, vídeo, imagem, som, satélites, etc.), os criadores podem obter uma visão holística das suas explorações. Esta análise de dados abrangente ajuda a identificar tendências, prever potenciais problemas e tomar decisões informadas. Por exemplo, ao correlacionar dados de comportamento de pastagem com a altura e composição do pasto e com as características produtivas dos animais, os produtores podem gerir mais eficientemente as suas pastagens, melhorando a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção animal em pastoreio. Ao otimizar o uso de recursos, estas tecnologias permitem reduzir desperdícios e mini-

mizar o impacto ambiental da produção pecuária. Além disso, estas tecnologias facilitam a monitorização e gestão remota dos animais (e.g., através de cercas virtuais<sup>[8-10]</sup>). Os criadores podem aceder a dados em tempo real e controlar sistemas através de aplicações móveis ou interfaces *web*, permitindo-lhes supervisionar os seus animais a partir de qualquer lugar. Esta capacidade é particularmente interessante para explorações de grande escala ou distribuídas por várias localizações e contribui para facilitar o trabalho e atrair jovens para a atividade. Os sensores disponíveis e as tecnologias inteligentes de aquisição e interpretação dos dados (inteligência artificial e o *machine learning*) aplicados à produção animal têm evoluído muito, fornecendo capacidades preditivas cada vez mais avançadas e melhores processos de tomada de decisão automatizados.

Em Portugal têm sido desenvolvidos sensores portáteis<sup>[11]</sup> para pequenos ruminantes aplicáveis a vários cenários de agropecuária de precisão que vão desde a monitorização do controlo de infestantes por ovelhas a pastorear nas entrelinhas das vinhas do Douro<sup>[12]</sup> até à monitorização da atividade noturna dos animais<sup>[13]</sup> ou à deteção de partos em ovelhas e cabras<sup>[14,15]</sup>, tema que será seguidamente desenvolvido.

### Sensores aplicados à deteção de partos em caprinos

A monitorização do parto em pequenos ruminantes é importante por várias razões (ver Figura 2). Em primeiro lugar, assegura a saúde e bem-estar animal, dado que o parto é um evento crítico que pode



Figura 2 – Vantagens associadas à utilização de sensores para a deteção de partos.

envolver complicações tanto para a mãe como para as crias. A monitorização permite que os cuidadores intervenham rapidamente em caso de partos onde haja dificuldades de dilatação por parte das mães ou em que as crias sejam grandes ou se apresentem em má posição (partos distócicos), garantindo que os animais recebam os cuidados necessários durante o processo. A deteção precoce de sinais de parto contribui para a redução da mortalidade das crias e das mães e a necessidade de intervenção veterinária e uso de medicamentos. A monitorização também favorece uma maior eficiência na gestão da exploração agrícola, permitindo que os agricultores planeiem melhor os recursos humanos necessários à assistência durante o período dos partos, resultando numa gestão mais eficiente da mão de obra e dos recursos na exploração. Outro benefício é o aumento da produtividade, já que garantir que os partos decorram sem complicações pode levar a uma melhoria da produtividade geral do rebanho.

### Tecnologias disponíveis para a monitorização de partos em pequenos ruminantes

Existem atualmente disponíveis várias tecnologias aplicadas na deteção de partos em pequenos ruminantes, algumas das quais têm sido objeto de estudo e desenvolvimento por parte de investigadores do INIAV, da Universidade de Aveiro e do Instituto Politécnico de Viseu em colaboração com uma empresa privada dedicada à automação<sup>[14, 15]</sup>. Aqui estão algumas das principais tecnologias mencionadas:

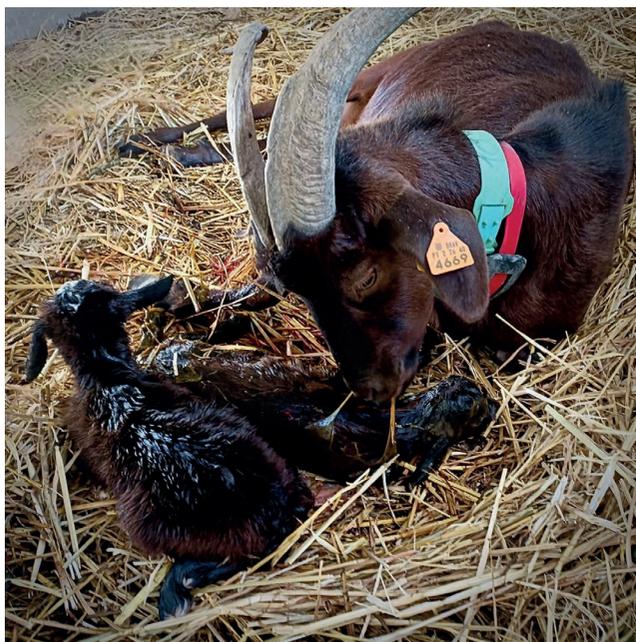
1. **Acelerómetros e sensores inerciais:** Os acelerómetros são um tipo específico de sensor inercial que mede a aceleração em diferentes eixos. Estes sensores são amplamente utilizados para monitorizar e classificar o comportamento dos animais. Eles podem registar movimentos e atividades como andar, comer, deitar, permitindo a identificação de padrões que indicam o início do parto, como períodos de descanso prolongados e mudanças na atividade<sup>[16, 17]</sup>. As Figuras 3 a 6 mostram alguns dos comportamentos registados durante as várias fases do parto pelos sensores inerciais montados em coleiras em cabras Charnequeiras.

2. **Sistemas de Telemetria:** Alguns estudos utilizaram sistemas de telemetria para recolher dados em tempo real sobre o comportamento dos animais<sup>[18]</sup>. Isso pode incluir o uso de comunicação via *Bluetooth* ou outras formas de comunicação sem fio para transmitir dados dos sensores<sup>[19]</sup>.
3. **Câmaras de Vídeo de Visão Noturna:** Para monitorizar os partos, alguns investigadores implementaram câmaras de vídeo, permitindo a observação dos animais em ambientes de baixa luminosidade, como durante a noite<sup>[20]</sup>. A utilização destes dispositivos conjuntamente com os sensores inerciais permitiu aumentar a precisão da deteção de partos em caprinos.
4. **Dispositivos de Monitorização de Proximidade:** Algumas abordagens envolveram o uso de sensores de proximidade para monitorizar a interação entre os animais, como a distância entre ovelhas e carneiros, para prever o momento do parto<sup>[20]</sup>.
5. **Algoritmos de Processamento de Dados:** Além dos dispositivos físicos, foram desenvolvidos algoritmos para processar os dados coletados pelos sensores, ajudando a classificar comportamentos e a prever partos com base em padrões de atividade.

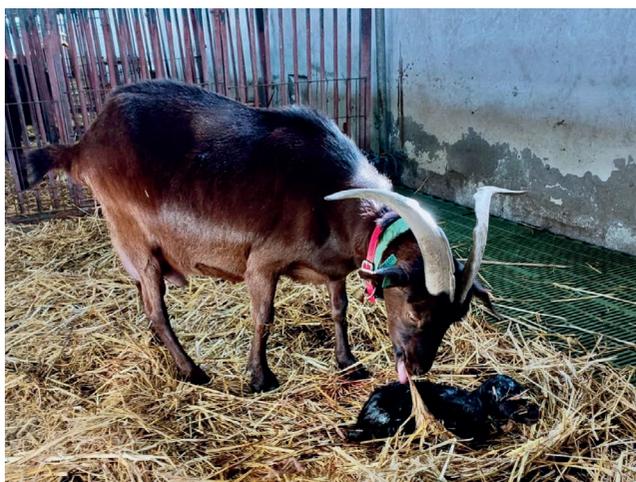
Estas tecnologias refletem um esforço contínuo para melhorar a deteção de partos em pequenos ruminantes, utilizando abordagens inovadoras que podem aumentar a precisão e a eficiência da monitorização.



**Figura 3** – Monitorização do momento da expulsão do cabrito com sensores inerciais.



**Figura 4** – Cabra ainda deitada a lambar os cabritos.



**Figura 5** – Cabra já de pé a lambar o cabrito.

Existem, contudo, desafios à monitorização do parto em pequenos ruminantes. Apesar dos vários trabalhos de investigação realizados<sup>[15, 20-22]</sup>, atualmente não existe ainda um sistema de deteção de parto totalmente confiável em pequenos ruminantes. A maioria dos estudos mostrou resultados promissores, mas nenhum conseguiu desenvolver um algoritmo de deteção completamente válido. Isto deve-se, em grande medida, ao facto de as diferenças nos níveis de atividade e comportamento individual dos animais poderem complicar a interpretação dos dados recolhidos pelos sensores. Adicionalmente, fatores como

idade, peso e raça podem influenciar esses comportamentos, tornando difícil padronizar os métodos de deteção entre diferentes espécies e condições<sup>[21]</sup>. Efetivamente, a qualidade dos dados coletados impacta significativamente a eficácia dos algoritmos de deteção. Dados imprecisos ou mal anotados podem levar a resultados não confiáveis. O uso de gravações em vídeo para anotações cuidadosas é essencial, mas pode ser intensivo em termos de recursos.

Outra das condicionantes a ter em atenção são os fatores ambientais. A monitorização em diferentes ambientes (por exemplo, no ovel/capril vs. pastagem) pode afetar a eficácia dos sistemas de deteção e de transmissão de sinal de geolocalização mais sofisticados e dispendiosos, sendo que muitos estudos foram realizados em ambientes controlados, os quais podem não refletir as condições de campo. Assim, o custo e a acessibilidade são ainda limitantes. Embora existam sistemas de monitorização co-



**Figura 6** – Parto duplo de uma cabra Charnequeira com a mãe e os cabritos já de pé.

merciais para vacas<sup>[23-25]</sup>, soluções eficazes e acessíveis para pequenos ruminantes ainda estão em fase de desenvolvimento<sup>[15]</sup>. Isso limita a adoção generalizada de tecnologias de monitorização por parte dos criadores. Esses desafios realçam a necessidade de investigação e desenvolvimento contínuos na área de deteção de partos em pequenos ruminantes.

### Fluxograma da monitorização dos partos através de sensores inerciais

Os sensores inerciais detetam eventos de parição através da monitorização dos padrões de movimento e atividade dos pequenos ruminantes. O primeiro passo do processo resumido na Figura 7 implica a colocação dos sensores nos animais. Estes podem ser fixos em várias partes do corpo (brincos nas orelhas, coleiras ao pescoço, *halters*, ou pulseiras nas patas traseiras) e permitem a monitorização contínua dos movimentos e comportamentos dos animais, fazendo recolha de dados sobre a aceleração e a orientação, captando os níveis de atividade do animal, como estar de pé, deitado e outros movimentos. Os sensores operam a diferentes frequências, geralmente entre 0,1 e 30 Hz, para registar esses comportamentos com precisão. Os dados recolhidos são então analisados para identificar padrões comportamentais específicos que precedem a parição. Por exemplo, uma maior frequência de deitar-se e levantar-se, assim como alterações nos níveis de atividade, podem indicar desconforto ou o início do trabalho de parto. Os dados brutos dos sensores são pré-processados, o que pode incluir a normalização para ter em conta diferenças individuais entre os animais (e.g., idade, peso, raça). Este passo é cru-

cial para garantir que os modelos de classificação usados nos algoritmos de deteção sejam eficazes. Existem atualmente diversos algoritmos de deteção baseados em métodos de *Machine Learning* e *Deep Learning* (que conseguem lidar com grandes volumes de dados e identificar padrões complexos que podem não ser evidentes através de métodos estatísticos mais simples) utilizados para desenvolver algoritmos de previsão de eventos de parição com base nos dados analisados. Estes algoritmos “aprendem” com os padrões identificados nos dados para melhorar a sua precisão ao longo do tempo. Uma vez treinado o sistema, este pode monitorizar os animais em tempo real e fornecer alertas aos criadores quando deteta comportamentos indicativos de parição iminente, permitindo uma intervenção atempada e apoio durante o processo de parto.

### Prós e contras

Na Figura 8 é apresentada a análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças) relativa ao uso de sensores inerciais e algoritmos de *Machine Learning* e *Deep Learning* na monitorização de partos em pequenos ruminantes.

As principais forças incluem a precisão na monitorização de sinais de parto através de sensores e algoritmos de inteligência artificial, permitindo uma deteção contínua e eficaz, baseada em grandes volumes de dados. A automatização da recolha dos dados melhora a eficiência, reduzindo a necessidade de intervenção humana e possibilita decisões mais informadas. A monitorização remota permite ações rápidas em caso de complicações durante o parto, ajudando a reduzir a mortalidade neonatal e materna.



**Figura 7** – Fluxograma de monitorização através de sensores inerciais e ferramentas estatísticas para a deteção de partos e emissão de alertas.



**Figura 8** – Desafios e oportunidades da utilização de sensores inerciais na deteção de partos em pequenos ruminantes.

Estes sistemas apresentam, contudo, ainda algumas fraquezas, relacionadas com os custos de implementação, necessidades de manutenção constante e atualizações, aumentando os custos operacionais, especialmente para pequenos produtores rurais. Estes criadores estão também dependentes da conectividade da infraestrutura de internet disponível, que pode ser limitada em áreas rurais. Adicionalmente, a utilização de algoritmos de *Machine Learning* e sistemas de monitorização pode exigir conhecimento técnico avançado, representando um desafio para produtores menos familiarizados com tecnologia. As oportunidades que estas tecnologias aportam ao nível da inovação da pecuária de precisão são inequívocas. Os sensores podem ser integrados com outras tecnologias agrícolas em sistemas de gestão agrícola mais amplos, otimizando não só o processo de parto, mas também a nutrição, reprodução e sanidade dos animais e contribuindo para o aumento da sua competitividade e sustentabilidade das explorações e do tecido económico de territórios marginais onde podem potenciar o estabelecimento de parcerias com empresas tecnológicas

para fornecimento de soluções personalizadas e acessíveis aos produtores de pequenos ruminantes. A rápida expansão da utilização de sensores, nomeadamente em sistemas de pequenos ruminantes, é ameaçada por fatores como a resistência à adoção de novas tecnologias por parte dos produtores, seja por falta de conhecimento ou por desconfiança nos benefícios oferecidos. Existem também entraves ligados ao desempenho dos sensores que pode ser afetado por condições climáticas extremas ou ambientes de difícil acesso, reduzindo a eficácia da tecnologia, e à segurança/privacidade dos dados, especialmente num ambiente agrícola.

### Conclusão

A monitorização de partos em pequenos ruminantes usando sensores inerciais e algoritmos de *Machine Learning* tem um enorme potencial para transformar a pecuária. Com os avanços tecnológicos, os produtores podem aumentar a precisão, eficiência e bem-estar animal. No entanto, os desafios relacionados com custos, conectividade e complexidade técnica são fatores críticos que precisam ser superados para

maximizar os benefícios. O setor pode aproveitar as oportunidades se houver investimentos adequados em capacitação e infraestrutura tecnológica e apoios governamentais à implementação dos sistemas. 🚫

### Bibliografia

- [1] Torrao, N.A. et al. (2011). Assessment of the use of temperature-sensitive microchips to determine core body temperature in goats. *Veterinary Record*. DOI: 10.1136/vr.c6200.
- [2] Jorquera-Chavez, M. et al. (2019). Modelling and Validation of Computer Vision Techniques to Assess Heart Rate, Eye Temperature, Ear-Base Temperature and Respiration Rate in Cattle. *Animals*, **9**(12):1089.
- [3] Castro-Costa, A. et al. (2015). Using wireless rumen sensors for evaluating the effects of diet and ambient temperature in nonlactating dairy goats. *J Dairy Sci*, **98**(7):4646–4658.
- [4] Al-Rubaye, Z. et al. (2018). Sensor data classification for the indication of lameness in sheep. In: *Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing: 13th International Conference, CollaborateCom 2017, Edinburgh, UK, December 11–13, 2017, Proceedings* 13:309–320. Springer.
- [5] Fogarty, E.S. et al. (2020). Behaviour classification of extensively grazed sheep using machine learning. *Comput Electron Agric*, **169**:105175.
- [6] Andriamandroso, A. et al. (2016). A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, **20**.
- [7] Suparwito, H. et al. (2021). The use of animal sensor data for predicting sheep metabolisable energy intake using machine learning. *Information Processing in Agriculture*, **8**(4):494–504.
- [8] Søråa, R.A. & Vik, J. (2021). Boundaryless boundary-objects: Digital fencing of the CyborGoat in rural Norway. *J Rural Stud*, **87**:23–31.
- [9] Boyd, C.S. et al. (2023). Using Virtual Fencing to Create Fuel Breaks in the Sagebrush Steppe. *Rangel Ecol Manag*, **89**:87–93.
- [10] Eftang, S. et al. (2022). Goats are able to adapt to virtual fencing; A field study in commercial goat herds on Norwegian farms. *Appl Anim Behav Sci*, **256**:105755.
- [11] Fonseca, L. et al. (2022). On the development of a wearable animal monitor. *Animals*, **13**(1):120.
- [12] Nóbrega, L. et al. (2017). SheepIT: automated vineyard weeding control system. In: *INForum*.
- [13] Monteiro, A. et al. (2022). Sheep Nocturnal Activity Dataset. *Data*, **7**(9):134.
- [14] Gonçalves, P. et al. (2022). Goat Kidding Dataset. *Data*, **7**(7):89.
- [15] Gonçalves, P. et al. (2024). Exploring the Potential of Machine Learning Algorithms Associated with the Use of Inertial Sensors for Goat Kidding Detection. *Animals*, **14**(6):938. DOI: 10.3390/ani14060938.
- [16] Barwick, J. et al. (2017). On-animal motion sensing using accelerometers as a tool for monitoring sheep behaviour and health status.
- [17] Barwick, J. et al. (2018). Categorising sheep activity using a tri-axial accelerometer. *Comput Electron Agric*, **145**:289–297.
- [18] Johnson, P. et al. (2022). Investigating the potential for global positioning satellite data to provide information on ewe behaviour around the time of lambing. *N Z J Anim Sci Prod*, **81**:29–34.
- [19] Turner, K.E. et al. (2023). Lambing event detection using deep learning from accelerometer data. *Comput Electron Agric*, **208**:107787.
- [20] Fogarty, E.S. et al. (2021). Developing a simulated online model that integrates GNSS, accelerometer and weather data to detect parturition events in grazing sheep: a machine learning approach. *Animals*, **11**(2):303.
- [21] Gurule, S.C. et al. (2021). Evaluation of the tri-axial accelerometer to identify and predict parturition-related activities of Debouillet ewes in an intensive setting. *Appl Anim Behav Sci*, **237**:105296.
- [22] Fogarty, E.S. et al. (2020). Can accelerometer ear tags identify behavioural changes in sheep associated with parturition? *Anim Reprod Sci*, **216**:106345.
- [23] Chang, A.Z. et al. (2022). A multi-sensor approach to calving detection. *Information Processing in Agriculture*.
- [24] Saint-Dizier, M. & Chastant-Maillard, S. (2015). Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle. *The Veterinary Journal*, **205**(3):349–356.
- [25] Pearson, C.; Lush, L. & González, L.A. (2020). Intravaginal devices and GNSS collars with satellite communication to detect calving events in extensive beef production in northern Australia. *Remote Sens*, **12**(23):3963.