

Proposta de Sistema de Baixo Custo para o Monitoramento de Ovinos*

Eugênio Teixeira Schreiber Pierazzoli¹[0000-0002-4292-4880],
Jeanine Chaves Lopes¹, e
Sandro da Silva Camargo¹[0000-0001-8871-3950]

Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCAP)
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Av. Maria Anunciação Gomes do Godoy, 1650 - 96413-170, Bagé - RS - Brasil
<https://www.cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcap/>
{eugeniopierazzoli.aluno, jeaninelopes.aluno,
sandrocamargo}@unipampa.edu.br

Resumo A ovinocultura é uma atividade de grande importância econômica no Estado do Rio Grande do Sul (RS), que até recentemente possuía o maior rebanho no Brasil. Pesquisas mostraram que o principal gargalo na produção ovina é a perda de cordeiros logo após o parto, oscilando entre 15 a 40%. Neste trabalho, é feita uma análise das tecnologias de computação vestível disponíveis no mercado. Com base nestas tecnologias, é feita uma proposta de sistema de baixo custo para o monitoramento, sendo também apresentado seu protocolo de uso.

Palavras-Chave: Computação vestível · Pecuária · Ovinocultura · Internet das Coisas · Sensores.

1 Introdução

A ovinocultura, historicamente, é uma atividade de grande importância econômica no Estado do Rio Grande do Sul (RS), que até recentemente possuía o maior rebanho do Brasil [1]. Buscando contribuir com esta atividade, a Câmara Setorial e Temática da Ovinocultura, da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do Rio Grande do Sul, em conjunto com o Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), levantou as principais dificuldades enfrentadas pelos ovinocultores em 80 municípios do Rio Grande do Sul. Estes municípios continham 86,1% do rebanho estadual no ano de 2020. O levantamento foi realizado por um formulário de pesquisa e seus resultados foram revisados pela EMATER e validados em três seminários [2].

Tais resultados mostraram que o principal gargalo na produção ovina é a perda de cordeiros logo após o parto, oscilando entre 15 a 40% com valor mais frequente em torno de 25% [3]. Segundo Ribeiro [4], a mortalidade perinatal de

* O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

cordeiros é definida como as perdas de cordeiros que ocorrem imediatamente antes, durante ou até sete dias após o nascimento. A temperatura corporal normal do cordeiro ao nascer situa-se em 39 °C e a termoneutralidade em cordeiros é atingida quando a temperatura ambiental é de 28 °C, na ausência de ventos. Dias frios, ventosos e úmidos, comuns de ocorrer durante a parição, fazem com que a perda de calor pelo cordeiro seja superior à sua capacidade homeotérmica, tendo potencial de levá-lo à morte.

De modo a contribuir neste contexto, foram analisadas as possibilidades de convergência entre cidades inteligentes e propriedades rurais. Uma cidade inteligente é uma cidade que usa diferentes sensores eletrônicos para coletar dados e utilizá-los para gerenciar recursos e ativos eficientemente [5]. Uma propriedade rural se assemelha com as necessidades de uma cidade inteligente, em uma escala reduzida, quando se observam as mesmas necessidades e recursos como sensores de ambiente e gerenciamento de irrigação, plataformas e sistemas de gerenciamento, segurança por vídeo, cuidados de saúde e monitoramento remoto de animais com as devidas adaptações. Assim, podem ser avaliadas as tecnologias de *Internet of Things* (IoT) e tecnologias vestíveis (*Wearable Technology*) orientadas aos cuidados com a saúde (*Health care*) com potencial aplicação na pecuária. Neste sentido, pode ser possível monitorar os ovinos de diversas formas, por monitoramento específico e contínuo, para tornar viável a tomada de decisões de manejo em tempo oportuno. É necessário observar que os sistemas ligados aos animais estão em condições hostis de exposição às intempéries e podem existir limitações de conectividade e manutenção a serem incluídas no modelo proposto.

Este projeto objetiva minimizar a mortalidade de ovinos recém nascido, sendo necessário um monitoramento em tempo oportuno do parto até a instalação dos sensores, quando estes podem contribuir com cordeiros recém nascidos. Assim se visa, o uso de recursos da computação vestível com aparelhos de baixo custo para o monitoramento dos ovinos no período reprodutivo, aumentando o número de cordeiros sobreviventes e, conseqüentemente, contribuindo para uma maior rentabilidade ao produtor rural. Neste contexto, é necessário conhecer o ambiente, o comportamento dos animais, aspectos de sua fisiologia e quais os dados relevantes devem ser monitorados, além dos equipamentos disponíveis no mercado para o monitoramento destes elementos.

Este artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta uma breve revisão das alternativas viáveis de aplicação. A Seção 3 discute o projeto proposto. Por fim, a Seção 4 apresenta as considerações finais.

2 Material e Métodos

Esta seção aborda os elementos básicos de tecnologias vestíveis, assim como sua aplicação em aspectos monitoramento da fisiologia dos neonatos, alimentação, bem-estar animal, controle de movimentação, rastreamento e segurança.

2.1 Cuidados com cordeiros hipotérmicos

Souza e outros [14] apresentam um fluxograma, representado na Figura 1, que considera a temperatura e idade com os pontos críticos para o procedimento de auxílio em caso de hipotermia. Entretanto, o manejo correto deve impedir que ocorra acima de 10% de casos de cordeiros hipotérmicos, sendo a ênfase dada na prevenção. Assim, nas próximas subseções, serão analisadas as tecnologias disponíveis com potencial de utilização para o caso de cordeiros hipotérmicos.

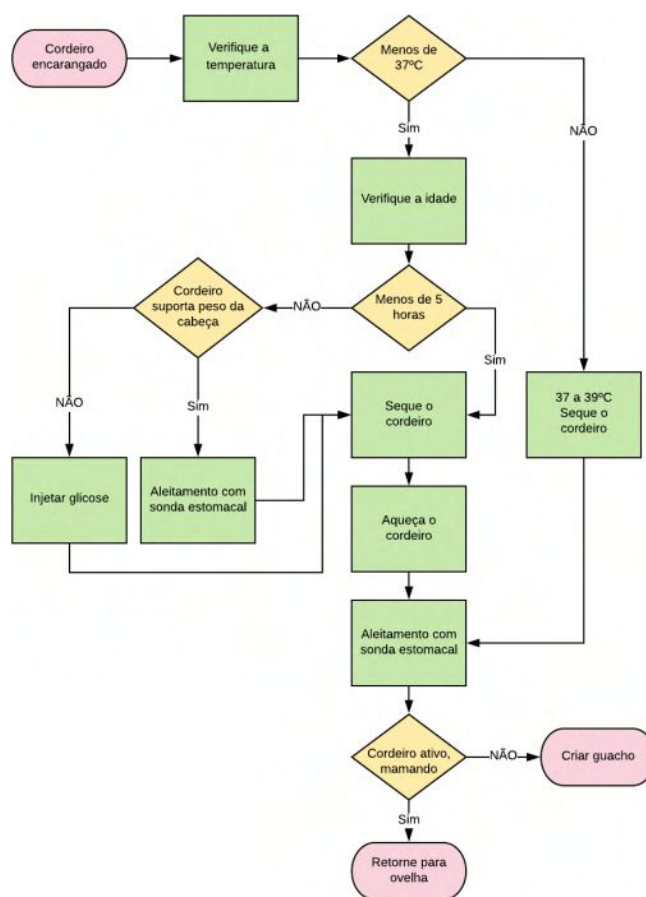


Figura 1. Fluxograma de cuidados com cordeiro hipotérmicos proposto por Souza e outros [14].

2.2 Definição de Tecnologias Vestíveis

Tecnologia vestível é um termo que se refere a uma ampla gama de dispositivos eletrônicos inteligentes, ou seja, dispositivos eletrônicos com microcontroladores, usados próximos ou na superfície da pele. Estes dispositivos podem detectar, analisar e transmitir dados. Tais dados podem ser corporais, como os sinais vitais, ou ambientais. A tecnologia vestível, em alguns casos, também permite um *feedback* biológico ao indivíduo [7].

A Figura 2 categoriza e lista as possibilidades de local de instalação dos sensores, os sensores gerais usados para monitorar o ambiente, os mais comuns para monitorar a atividade fisiológica, os atuadores que podem ser acionados conforme o objetivo, a fonte de alimentação elétrica do dispositivo, objetivos gerais buscados por este dispositivo, sua interação e as formas de armazenamento dos dados coletados. Os quadros marcados com um círculo laranja são as características de interesse para o projeto e a linha tracejada laranja tem a função de auxiliar a visualização.

Raad [8] cita seis características para a tecnologia vestível que são: inteligência, sensoriamento, conectividade, baixo consumo, moda e, por fim, o conforto e ergonomia. Os dispositivos *Internet of Things* (IoT) e *Machine-to-Machine* (M2M) e as Tecnologias Vestíveis requerem diferentes níveis de conectividade ou podem operar *offline*, sendo estacionárias, portáteis ou móveis, com diferentes níveis de escalabilidade. Quando utilizadas no setor agropecuário, as tecnologias vestíveis, no contexto do termo *Smart Farming*, denotam a aplicação tanto na agricultura quanto pecuária dos dispositivos e a adoção de soluções IoT, onde se coletam dados do ambiente como temperatura, umidade, precipitação e crescimento da cultura, de modo a monitorar para prever ou identificar anomalias como doenças e infestações.

Monitoramento e gerenciamento são outras aplicações onde os sensores são colocados no animal de produção para monitorar a sua saúde e produtividade. Tais dispositivos também conseguem manter o histórico dos dados coletados [8].

Existem diversos sistemas correlatos de monitoramento com tecnologias vestíveis para animais de corte ou produção, que atendem a diferentes objetivos e, portanto, necessitam de diferentes sensores. Alguns destes sistemas são apresentados nas subseções a seguir.

2.3 Computação Vestível Agropecuária — Alimentação

Os sistemas de precisão de forrageiras *Precision Livestock Farming* (PLF) que utilizam sensores em equipamentos vestíveis para monitorar os hábitos alimentares como mordida, mastigação e ruminação dos animais, encontraram correlação com a produção diária de leite em vacas, onde a ingestão de alimentos pode impactar em 34% o volume de leite produzido [10]. Identificar e diferenciar os hábitos alimentares utilizando sensores é uma tarefa complexa, onde os sensores não invasivos são utilizados para o monitoramento da mecânica da alimentação e do deslocamento. O RumiWatch® de Rombach [9], com adaptações, pode atender a outros animais, como ovinos, através do monitoramento de sensores

Localização								
	Patas	Patas	Costas	PESCOÇO	BARRIGA	Múltiplos pontos	Cauda	Orelha
Sensores Gerais								
	GNSS	Triangulação LoRaWan	Temperatura	Umidade	Luz (LDR)	Ultravioleta	Infravermelho	
	Gás CO2	Gás CO	Gás Metano	Vento				
Monitoramento de atividade								
	Temperatura	Umidade	Giroscópio	Acelerômetro	Hall	Piezo elétrico	Glicose	Respiração
	Óptico	Contato	Ultrassônico	ECG	EMG Muscle	EMG	Captura Som	
Atuadores								
	Buzzer	Som	Luz	Vibração	Choque			
Comunicação								
	LoRaWAN	Bluetooth BLE	Wifi	SMS	5G	GPRS	Cabeada	Satélite
Energização								
	Solar	Bateria	Wireless	Movimento	Supercapacitor	Peltier		
Objetivos								
	Emergências	Monitoramento médico	Medicação rotina	Tratamento específico	Coleta de dados	Condicionamento Aquecimento	Recém Nascidos	
	Emissões	Bem estar	Vigilância	Pastejo	Consumo	Produção	Segurança	
Acesso								
	Web	Celular	Smartwatch					
Armazenamento								
	Nuvem	Fog Computing	Equipamentos próximos					

Figura 2. Gráfico morfológico de computação vestível. Construído como um *brains-torn*, listando as funcionalidades observadas de diversos fabricantes e outras possibilidades. Os pontos em laranja representam os recursos desejáveis para o projeto. Adaptado de Bakker e outros [11].

adaptados à orelha, por exemplo. Li e outros [10] validaram o RumiWatch[®], comparando-o às observações em vídeo, resultando em superestimar o número de bocadas em 1,9%, mordidas para comer em 5,8%, mastigação em 14% e a ruminação em 3,8%, o que, de maneira geral, apresenta uma alta precisão.

O sistema, visto na Figura 3, é instalado na cabeça do bovino, onde o tubo de silicone, que é posicionado próximo do nariz, é preenchido com líquido que aciona um sensor de pressão no final do tubo, permitindo identificar a ação de alimentação. Já o objetivo do pedômetro é medir as atividades de locomoção. Ambos os sistemas possuem interface *Universal Serial Bus* (USB), cartão de memória para armazenamento de logs, acelerômetro e termômetro, além da controladora e comunicação sem fio. Cada sistema é alimentado por duas baterias de *lithium* de 3,6 volts e 1200 mAh segundo o guia de usuário [23].

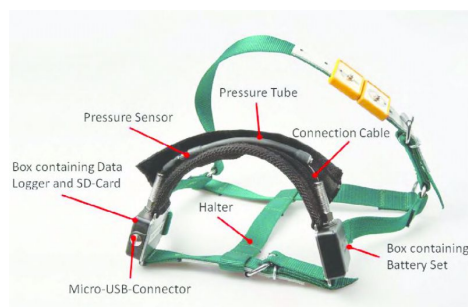


Figura 3. Sistema de monitoramento da alimentação - RumiWatch[®][9].

Assim, com esta tecnologia, é possível controlar a ingestão de alimentos, viabilizando uma posterior análise visando calcular a conversão alimentar e ganho de peso dos animais, e possibilita a identificação dos momentos onde o manejo do bovino se faz necessário. Porém, cabe salientar que um desafio para uso desta tecnologia é o dimensionamento da energia elétrica para o sistema.

2.4 Computação Vestível Agropecuária — Bem-estar animal

O *Bovine Electronic Platform* (BEP[®]), ou Plataforma Eletrônica Bovina, em português, visto na Figura 4 é utilizado no gado, visando o bem-estar animal¹. São utilizados sensores para o monitoramento simultâneo da frequência respiratória, cardíaca e temperatura superficial da pele, além de conter sensores ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar [20].

Neste propósito, o sistema idealizado compartilha dos mesmos sensores usados para coleta dos dados locais de conforto térmico, resposta do animal e,

¹ <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/63903853/internet-of-things-monitors-productivity-and-animal-welfare-in-iclf-systems>

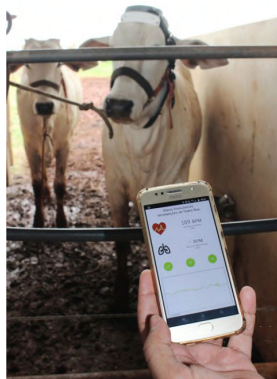


Figura 4. BEP - Bovine Electronic Platform para bem estar animal.

adicionalmente, requer um sensor para medir a glicose do sangue, além da integração com a rede de dados de longa distância *Long Range Wide Area Network* (LoRaWan).

Outro dispositivo correlato, desenvolvido por Oliveira Júnior [12], apresentado na Figura 5, é um sistema computacional capaz de avaliar, em tempo real o conforto térmico, utilizando microcontroladores de baixo custo e o tratamento dos dados em um aplicativo *Android* conectado por *Bluetooth*. O dispositivo compacto, apesar de não ser vestível, possibilita a obtenção do monitoramento das condições térmicas (conforto, desconforto e estresse térmico). Este dispositivo tem um custo aproximado de R\$ 107,00, ficando abaixo de outros dispositivos similares com o mesmo objetivo, cotados em R\$ 1.466,11.



Figura 5. Sistema estático, de baixo custo, para monitorar o bem estar-animal [12].

As características úteis deste projeto para aplicação no problema sob análise são o baixo custo e os recursos de coleta dos dados locais de conforto térmico.

2.5 Computação Vestível Agropecuária — Controle de Movimentação

Outros sistemas têm o objetivo de controle comportamental como o *Virtual Fencing Technology* (VFT) ou tecnologias de cercas virtuais. Na Figura 6, é apresentado o eSherpherd™ Neckbands que usa as tecnologias de *Global Navigation Satellite System* (GNSS) para manter o gado em um perímetro virtual, sem

cercas físicas, permitindo um gerenciamento flexível do local de pastejo. Seu formato de colar contém painéis solares no topo para estender a durabilidade das baterias e um contrapeso totalizando 1,4 kg, sendo um sistema de rádio para receber a delimitação do local. O sistema emite um aviso sonoro antes de acionar o pulso elétrico por eletrodos na parte interna do colar, que acionam quando o gado chega no limite da cerca virtual. Também existem mecanismos de proteção para evitar estímulos sucessivos e intervalos e, em experimentos de Campbell [13], os animais aprenderam rapidamente a associar o som e evitar a estimulação elétrica, reduzindo continuamente a necessidade de estímulos elétricos com o passar do tempo.



Figura 6. Sistema de cerca virtual[21].

O interesse neste sistema em relação ao problema sob análise está na capacidade de condicionamento dos animais por atuadores e o balanceamento com o contrapeso para manter o equipamento na disposição ideal. Assim, são facilitados o manejo e o controle durante a parição, auxiliando indiretamente no controle sanitário e disponibilidade de pastagem.

2.6 Computação Vestível Agropecuária — Rastreamento e segurança

Os sistemas de rastreamento geral do tipo colar *GPS Tracker* da empresa VJOY Car Electronics Limited visto na Figura 7, utiliza GNSS e *Google Mobile Services* (GSM) para enviar informações do posicionamento por *Short Message Service* (SMS), de uso geral como solução para rastreamento de carros, motos, bicicletas, animais domésticos, mas foram adaptados para animais de grande porte como cavalos, vacas e camelos. Os modelos podem usar baterias de 3000 a 20000 mAh, seus painéis solares têm capacidade de gerar 720 mAh à 5 volts. A comunicação por rede de celular utiliza o circuito MTK 6260DGPS e a geolocalização utiliza o U-Blox G7020-ST com precisão de 5 metros, segundo seu manual [22].

O interesse neste sistema em relação ao problema sob análise está na capacidade de rastreabilidade, acompanhar o deslocamento e como um dispositivo de segurança. Alternativamente é proposto realizar a triangulação utilizando o



Figura 7. Sistema genérico de rastreamento do tipo colar com placas solares [22].

LoRaWan, reduzindo custos e adicionando mais flexibilidade com relação à durabilidade da bateria, número de atualizações e distância de cobertura, além do problema de baixa cobertura de sinal de celular no ambiente rural.

A integração das funcionalidades de vários destes dispositivos podem contribuir com o monitoramento dos ovinos, onde na Figura 2 foram listadas as características e pontos de interesse para atingir o objetivo.

3 Resultados e Discussão

Na Seção 3 são descritos os ajustes nos protocolos tradicionais que são essenciais e precedem o uso da ferramenta de computação vestível, para permitir o monitoramento crítico após o parto.

É esperado que os sensores e monitoramento sejam relevantes para gerar diferentes níveis de alerta possibilitando a ação imediata no procedimento de hipotérmicos (Figura 1) monitorando a temperatura ou problemas na ingestão de alimentos que causem alteração no comportamento e a queda da glicose.

3.1 Protocolo proposto para o manejo e aplicação da computação vestível

Com o protocolo a seguir, podem ser tomadas as decisões frente à suplementação para inanição.

1. Controle reprodutivo durante o período do acasalamento os animais são marcados por cores diferenciadas, após a monta, que indicam numa escala de cores, o nível de fertilidade do rebanho em uso. A ferramenta utilizada para marcação é um coleite. É uma alternativa barata, que pode ser confeccionada artesanalmente. Ele é uma espécie de cinto, feito de couro, com um retângulo de sola, onde é fixo um giz de cera, e produz a marcação, quando o carneiro ou rufião monta uma ovelha em cio. Com o uso destas informações o produtor pode identificar quais as ovelhas são mais férteis, além de organizar o manejo geral do seu rebanho de cria. Assim, ele prepara um potreiro com abrigo para o período dos nascimentos e pode dividi-lo por lote de parição, propiciando maior atenção às ovelhas que vão parir em cada período, permitindo o aumento da sobrevivência dos cordeiros²;

² Betemps, C. Prosa Rural — Técnicas para aumentar a reprodução dos rebanhos ovinos. [S.l.], 2018. [https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-](https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/)

2. Logo após o nascimento, o cordeiro recebe uma identificação, onde são coletados os dados de peso e temperatura corporal, para a tomada de decisão se necessita ou não de acompanhamento;
3. A aplicação da computação Vestível Agropecuária para o monitoramento de cordeiros recém-nascidos, observando o conforto térmico do ambiente e os sensores para a captura dos sinais fisiológicos do recém-nascido. O sistema, com o tamanho e peso adequado, deve realizar o envio de dados com frequência constante, permitindo ao responsável identificar e executar intervenções com o menor tempo de resposta possível.

3.2 Sistema computacional de monitoramento de recém-nascidos

A Figura 1 apresentou o gráfico morfológico, uma visão geral da proposta de computação vestível, onde foram selecionados os aspectos com o objetivo de monitorar o conforto térmico do ambiente e os sensores para captura dos sinais fisiológicos mais críticos, nas opções avaliadas para a tarefa de monitorar os ovinos recém-nascidos.

Os requisitos definidos são baseados na estimativa de custo, viabilidade do equipamento com componentes de fácil obtenção e simplicidade do sistema. Entretanto, a utilização de sensores adicionais permitiria atingir os objetivos dos outros dispositivos. Esta proposta se baseou em sensores de prototipação de uso geral para humanos, mas são necessários experimentos para validar se atendem ao caso de uso. Tais experimentos estão planejados para as próximas fases do trabalho, onde os objetivos seriam fazer testes *in loco*, visando identificar os locais ideais para posicionamento e realização da calibração dos elementos eletrônicos.

Dentre os componentes para criar um protótipo é indicado o Módulo ESP32, que segundo o fabricante [25] é recomendado para aplicações de cuidados com a saúde, provê uma capacidade computacional para atividades mais complexas comparadas a opções como o Arduino e tem funcionalidades embarcadas de conectividade sem fio Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 e Bluetooth Low Energy (BLE), sensor de temperatura, 10 sensores de toque (GPIOs de detecção capacitiva) e pré-amplificador analógico de ultrabaixa potência. O ESP32 também possui recursos de segurança e criptografia usando aceleração por hardware. Seus recursos de gerenciamento de energia como baixo consumo no modo de sono profundo, interrupções por *General Purpose Input/Output* (GPIO) e temporizado, medições do Conversor Analógico Digital ou por interrupções do sensor de toque capacitivo são necessárias para a aplicação de monitoramento por longos períodos.

O módulo LoRaWan é um item que apresenta vantagens em economia de energia e distância de alcance, conforme apresentado na Figura 8, onde são comparadas as capacidades de diferentes tecnologias. Sua aplicação é recomendada na agricultura inteligente segundo seu fabricante [24].

/noticia/2507117/prosa-
rebanhos-ovinos.

rural—tecnicas-para-aumentar-a-reproducao-dos-

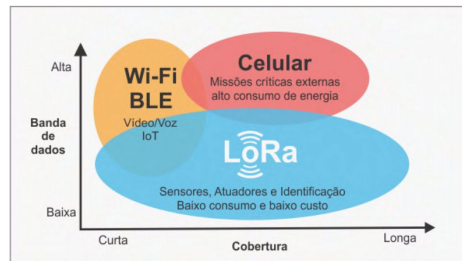


Figura 8. Relação entre as redes dados em cobertura e capacidade, traduzido de Semtech Corporation [24].

3.3 Trabalhos Relacionados

Škraba e outros [15] descrevem o desenvolvimento de um sistema de monitoramento cardíaco, baseado no ESP32, com uso do sensor de pulso (PPG), que utiliza a Fotopleletismografia. Seus resultados apresentaram o consumo elétrico de 260 mW no modo de economia e 650 mW em transmissão. Além disso, recomenda o uso da linguagem node.js em conjunto com *websocket* para o desenvolvimento rápido do protótipo, visto também como uma alternativa para receber, tratar, indicar as ações de intervenção veterinária e integrar com um banco de dados. Opcionalmente podem ser usados módulos de desenvolvimento ESP32 com LoRaWan integrado ou outros modelos com sistemas de para captura de vídeo (ESP32-EYE), além da série ESP32-LyraT com múltiplas entradas de áudio, tratamentos acústicos e reconhecimento de voz.

O sensor de frequência cardíaca (PPG) com o componente Max30100 é desejável pelo custo acessível e conseguir ler os sinais com uma qualidade aceitável para o sistema. Segundo Cruz [16], o PPG além de estimar a saturação de oxigênio no sangue, consegue medir o batimento cardíaco, ritmo respiratório, variabilidade do batimento cardíaco e produzir uma forma de onda fotopleletismográfica.

A Figura 9 apresenta os métodos classificados em invasivos, pouco invasivos e não invasivos. O sistema desejado para medir a glicose no projeto é classificado como não invasivo, óptico baseado na reflexão do NIR. Os sensores de temperatura, frequência cardíaca, respiração e glicose são essenciais para monitorar os animais recém-nascidos. Entretanto, não foi encontrada uma *shield* de sensor não invasivo para monitorar glicose, mas são relatadas técnicas de estimativa com um protótipo de baixo custo [17], utilizando a espectroscopia com um diodo laser NIR de onda de 650 nm. A intensidade entre o sinal emitido, absorvido e refletido é medido com um fotodetector, e depois amplificado e convertido em um sinal digital com um microcontrolador. É necessário um estudo adicional para a calibração em diferentes níveis de concentração de glicose para gerar o modelo desejado que variam com a quantidade de colágeno, gordura e albumina da pele. Delbeck e outros [18] avaliam os métodos para espectroscopia de pele não invasivos para monitorar a glicose no sangue e os fatores que alteram a medição como a temperatura.

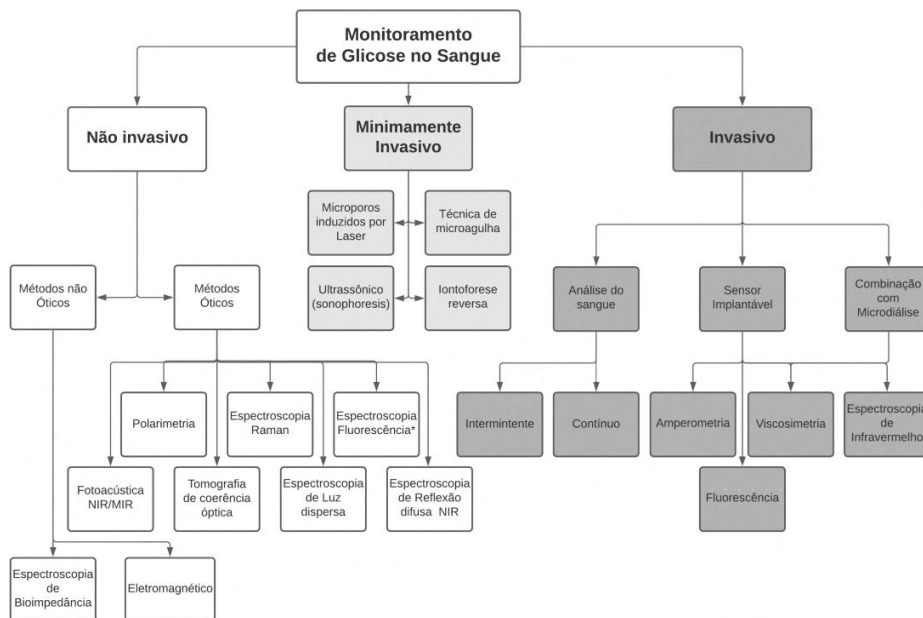


Figura 9. Métodos de medição da glicose, traduzido de Delbeck e outros [18].

Os sensores devem medir com precisão a temperatura ideal do ovino situada entre 39 a 40 °C com variação de 3%, taxa de respiração de 12 a 15 vezes por minuto e pulso entre 80 a 100 batimentos por minuto [19]. O cordeiro é considerado ligeiramente hipotérmico quando apresenta temperaturas entre 37 e 39 °C e gravemente hipotérmico quando abaixo de 37 °C.

3.4 Custo do protótipo

A Tabela 1 lista os componentes para construir o protótipo de um dispositivo capaz de monitorar e transmitir os dados usando mais de uma tecnologia.

A diluição do investimento em relação a vida útil do equipamento é vantajosa, visando um sistema que dure mais de 10 anos, por utilizar componentes de baixa potência. Os pontos críticos são a bateria de *lithium* que é o componente que apresenta maior desgaste exposto a altas temperaturas, o plástico da caixa e a correia de fixação pela exposição. Durante a cotação dos componentes no mercado nacional, foi observada a possibilidade de redução de custos por meio da importação direta.

4 Conclusões

O sistema proposto mostra alto potencial para contribuir com a redução da mortalidade de cordeiros ao monitorar os primeiros passos do fluxograma de

Tabela 1. Tabela de custos do protótipo em julho de 2021.

Quantidade	Item	Custo
01	Módulo ESP32	R\$ 42,00
01	Transmissor LoRaWan	R\$ 99,00
01	Sensor de frequência cardíaca (PPG) Max30100	R\$ 28,46
01	Sensor de pressão atmosférica e temperatura	R\$ 12,10
01	Sensor de pressão	R\$ 27,17
01	Shield de glicose (estimado)	R\$ 50,00
03	Bateria 18650 de 2200mAh	R\$ 57,00
01	Controlador de bateria	R\$ 6,55
01	Case	R\$ 15,00
01	Coleira	R\$ 11,00
Total		R\$ 348,28

procedimentos proposto por Souza e outros[14], apresentado na Figura 1, que determina a sequência de cuidados com cordeiros hipotérmicos. A vantagem está em monitorar continuamente a temperatura e reserva de energia, permitindo ao responsável intervir antes do cordeiro entrar em situações críticas.

A construção do sensor de monitoramento não invasivo de glicose no sangue representa um desafio no projeto sendo listado como uma funcionalidade na próxima geração dos relógios inteligentes por meio da técnica de espectroscopia Raman. O investimento em componentes que validam a proposta podem atender a outros objetivos ou estudos, com pequenas adaptações ou acréscimo de mais sensores, servindo como uma plataforma inicial de desenvolvimento. O sistema atende as características de tecnologia vestível apontadas por Raad [8] que conta com inteligência, sensoriamento, quatro tecnologias de conectividade, baixo consumo. As características de ergonomia e conforto foram observadas ao propor componentes de peso reduzido, comparado ao peso dos outros sistemas correlatos.

Referências

1. Silva, A. P. S. P., et al.: Ovinocultura do Rio Grande do Sul: descrição do sistema produtivo e dos principais aspectos sanitários e reprodutivos. *Pesq. Vet. Bras.* **33** (12), 1453–1458 (2013)
2. EMATER/RS. Ascar. Diagnósticos Regionais da Ovinocultura, 2020.
3. Souza, C. J. H. de, Moraes, J. C. F., Jaume, C. M.: Cuidados com as ovelhas durante a parição e com os cordeiros recém-nascidos. Embrapa Pecuária Sul, Bagé, Brasil (2006)
4. Ribeiro, L. A. O. Medicina de ovinos. Pacartes, Porto Alegre, Brasil (2011)
5. McLaren, D., Agyeman, J.: *Sharing Cities: A Case for Truly Smart and Sustainable Cities*. MIT Press. (2015)
6. Riet-Correa, F. et al.: *Doenças de ruminantes e eqüinos*. Varela Editora, São Paulo (2001)
7. Düking, P., et Al.: Integrated Framework of Load Monitoring by a Combination of Smartphone Applications, Wearables and Point-of-Care Testing Provides Feed-

- back that Allows Individual Responsive Adjustments to Activities of Daily Living. *Sensors*, Basel, **19**(18) (2018)
8. Raad, H. *Fundamentals of IoT and Wearable Technology Design*. John Wiley & Sons (2020)
 9. Rombach, M. et al.: Evaluation and validation of an automatic jaw movement recorder (rumiwatch) for ingestive and rumination behaviors of dairy cows during grazing and supplementation. *Journal of dairy science*, **101**(3), 2463–2475 (2018)
 10. Li, Z., Cheng, L., Cullen, B.: Validation and use of the rumiwatch noseband sensor for monitoring grazing behaviours of lactating dairy cows. *Dairy, Multidisciplinary Digital Publishing Institute* **2**(1), 104–111 (2021)
 11. BAKKER, T. et al.: Systematic design of an autonomous platform for robotic weeding (2010) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022489809000858>
 12. Oliveira Júnior, A. J. d.: Dispositivo móvel para análise de conforto térmico e ambiência. Universidade Estadual Paulista (UNESP) (2016)
 13. Campbell, D. L., et al.: Virtual fencing is comparable to electric tape fencing for cattle behavior and welfare. *Frontiers in veterinary science* **6** (2019) <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00445>
 14. Souza, C. de, Moraes, J., Benavides, M.: *Cuidados com cordeiros hipotérmicos*. Bagé: Embrapa Pecuária Sul (2007)
 15. Škraba, A. et al. Prototype of group heart rate monitoring with esp32. In: 2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). pp. 1–4 (2019)
 16. Cruz, D. F.: Sensor de fotopletismografia por reflexão sem fios: projeto e desenvolvimento de hardware. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletromecânica), Universidade da Beira Interior (2016)
 17. Boatemaa, M. A., Doss, S.: Non-invasive glucose estimation based on near infrared laser diode spectroscopy. *Asian J. Biomed. Pharmaceut. Sci*, **1** (60), 22–28 (2017)
 18. Delbeck, S. et al.: Non-invasive monitoring of blood glucose using optical methods for skin spectroscopy—opportunities and recent advances. *Analytical and bioanalytical chemistry*, Springer, **411** (1), 63–77 (2019)
 19. Oliveira, F. M. et al. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos santa inês, sob diferentes sistemas de condicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, SciELO Brasil*, **9** (4), 631–635 (2005)
 20. Santos, R. R. et al.: A physiological-monitoring electronic platform for cattle grazing systems. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)* **11**(3), 1–12 (2020)
 21. Gallagher, Group Limited: *Introducing Virtual Fencing* (2018). Disponível em: <https://am.gallagher.com/en-au/new-products/eShepherd>
 22. Vjoy, CAR ELECTRONICS LIMITED: *Cow tracker USER GUIDE* (2015) Disponível em: <http://www.vjoychina.com/wp-content/uploads/2016/10/Solar-Collar-GPS-Trackers-USER-MANUAL.pdf>
 23. Zehner, N., Hürlimann, M., Hoch, M.: *User Guide RumiWatch*. (2015) Disponível em: <https://www.rumiwatch.com/downloads/>
 24. Semtech Corporation: *Why LoRa®?* (2021) Disponível em: <https://www.semtech.com/lora>
 25. Espressif Systems: *ESP32 Technical Reference Manual 4.6* (2021) Disponível em: <https://www.espressif.com/en/solutions/industries/healthcare>