



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE MEDICINA

Anna Julia Lodi e Faria

O Potencial dos Sistemas Inteligentes na Monitorização e Tomada de Decisão Médica ao longo da Jornada Perinatal: Uma Revisão de Escopo.

Araranguá
2024

Anna Julia Lodi e Faria

O Potencial dos Sistemas Inteligentes na Monitorização e Tomada de Decisão Médica ao longo da Jornada Perinatal: Uma Revisão de Escopo.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Medicina do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de médica.

Orientadora: Dra. Analúcia Schiaffino Morales.

Araranguá
2024

Anna Julia Lodi e Faria

O Potencial dos Sistemas Inteligentes na Monitorização e Tomada de Decisão Médica ao longo da Jornada Perinatal: Uma Revisão de Escopo.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Bacharel em Medicina” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Medicina do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina.

Araranguá, 25 de junho de 2024.

 **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 25 dias do mês de junho do ano de 2024, às 16:00 horas, no Centro acadêmico Unidade Jardim das avenidas, na sala 216, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito curricular indispensável à integralização do Curso de Medicina da acadêmica Anna Julia Lodi e Faria, regularmente matriculada sob número 22250948, intitulado: O Potencial dos Sistemas Inteligentes na Monitorização e Tomada de Decisão Médica ao longo da Jornada Perinatal: Uma Revisão de Escopo.

A Banca Examinadora, composta por:

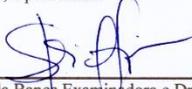
Prof. Analúcia Schiaffino Morales
Prof. Ione Jayce Ceola Schneider
Prof. Alison Roberto Panisson

deliberou e decidiu, pela
 Aprovação;
 Aprovação condicionada aos seguintes reparos, sob fiscalização do Prof. Orientador;
 Reprovação
do trabalho com nota final _____ (____).

Alterações solicitadas: Retirar os trabalhos indicados pela banca.

A acadêmica não solicitou embargo.

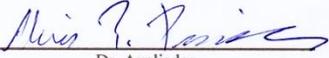
Eu, presidente da banca, lavrei a presente ata que segue assinada por mim, pelos demais membros da Banca Examinadora, e pela aluna.



Presidente da Banca Examinadora e Dra. Orientadora
Prof. Analúcia Schiaffino Morales



Dra. Avaliadora
Prof. Ione Jayce Ceola Schneider



Dr. Avaliador
Prof. Alison Roberto Panisson

Anna Julia Lodi e Faria

Aluna
Anna Julia Lodi e Faria

Araranguá, 25 de junho de 2024.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lodi e Faria, Anna Julia

O Potencial dos Sistemas Inteligentes na Monitorização e Tomada de Decisão Médica ao longo da Jornada Perinatal: Uma Revisão de Escopo. / Anna Julia Lodi e Faria ; orientadora, Analúcia Schiaffino Morales, 2024.

79 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Graduação em Medicina, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Medicina. 2. saúde materno-infantil. 3. tomada de decisão médica. 4. sistemas inteligentes. I. Schiaffino Morales, Analúcia . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Medicina. III. Título.

Dedico este trabalho a minha mãe, cuja dedicação incansável e amor incondicional guiaram cada passo da minha jornada. Ao meu marido, cuja paciência, apoio e amor tornaram possível a realização deste sonho. Ao meu amado filho, a alegria e luz da minha vida, a maior das minhas inspirações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me permitir viver esta conquista, por sua graça e bênçãos que me sustentam e fortalecem em cada momento.

Ao meu querido marido, Alexandre Henrique Baratelli de Oliveira, por seu apoio constante e amor inabalável. Sua paciência, companheirismo e papel exemplar como pai tornaram possível a realização deste sonho. Você é meu companheiro fiel, meu melhor amigo e meu maior incentivador. Sua presença constante e dedicação incondicional me deram forças para superar todos os desafios. Você é um pai extraordinário, um companheiro incomparável, e seu encorajamento é a base sobre a qual construí esta conquista.

Ao meu amado filho, Allec Henry Lodi de Oliveira, você é a razão do meu sorriso e a luz dos meus dias. Desde o primeiro instante em que soube da sua existência, você se tornou a minha maior fonte de felicidade e motivação. Sua presença preencheu minha vida de amor e significado. Seu sorriso é o combustível que me impulsiona a seguir em frente e superar cada desafio. Este trabalho é um reflexo do amor infinito que sinto por você, e cada conquista alcançada é um tributo ao seu amor e à sua existência. Mamãe te ama além do que as palavras podem expressar. Desde a concepção até agora, você tem sido meu eterno companheiro de jornada acadêmica, e o mais lindo presente de Deus na minha vida.

À minha mãe, Andreia Carla Lodi, cujo amor incondicional, integridade e incansável dedicação aos meus estudos foram fundamentais para o meu sucesso. Sua força e resiliência são a luz que guia meus passos e me motiva a ser melhor a cada dia. Seu exemplo de honestidade, caráter e profissionalismo é uma inspiração constante que ilumina meu caminho.

Ao meu pai, Júlio César Faria, que sempre acreditou nos meus sonhos e me incentivou a seguir em frente, proporcionando-me a confiança necessária para alcançar meus objetivos.

Ao meu padrasto, Claudinei Frasso, que cuida da minha mãe em minha ausência e sempre me encorajou a perseguir e conquistar meus sonhos com determinação e coragem.

À minha sogra, Elenice Baratelli de Oliveira, e ao meu sogro, Cleiton Gonçalves de Oliveira, que sempre apoiaram minha família, mesmo diante do desafio de mudar de estado para vivermos este sonho. Sua ajuda e suporte foram inestimáveis.

Aos amigos e familiares que me apoiaram, e acreditaram em meu potencial, meu sincero agradecimento. Sua presença e encorajamento foram fundamentais para minha jornada. Obrigado por estarem ao meu lado, compartilhando as alegrias e me ajudando nos desafios. Suas palavras e gestos significaram muito para mim.

À minha orientadora Analúcia Schiaffino Morales, cuja paciência, sabedoria e competência foram cruciais em cada passo desta jornada. Sua orientação não só foi essencial para o desenvolvimento e sucesso deste trabalho, mas também me proporcionou um crescimento pessoal e acadêmico inestimável. Você é um exemplo de dedicação e competência.

À Professora Ione Jayce Ceola Schneider, ao Professor Alison Roberto Panisson e à Professora Melissa Negro Dellacqua, agradeço profundamente por se disponibilizarem a me avaliar e enriquecer este trabalho com seus comentários valiosos e vasta bagagem de conhecimento. Dra. Ione, em especial, seu acompanhamento desde o projeto de pesquisa foi essencial e sua orientação sempre inspiradora.

Aos meus colegas e professores, com os quais tive a honra de aprender e crescer ao longo desta caminhada. A convivência, os ensinamentos e o apoio de todos vocês enriqueceram minha jornada acadêmica e pessoal.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), manifesto minha profunda gratidão por proporcionar um ensino gratuito e de qualidade. A dedicação em promover a educação superior acessível é verdadeiramente louvável. Os recursos oferecidos e o ambiente acadêmico enriquecedor foram essenciais para minha formação. A UFSC não apenas abre as portas para o conhecimento, mas também cultiva um ambiente de aprendizado onde os estudantes são incentivados a buscar o melhor de si. Sou imensamente grato por fazer parte dessa comunidade acadêmica que valoriza o desenvolvimento integral de seus alunos.

"The technology alone is not enough. We must also put our heart into the technology."

(Jane Goodall)

RESUMO

A monitorização e a avaliação realizadas por profissionais de saúde durante o trabalho de parto são fundamentais para garantir a segurança da mãe e do feto. A jornada perinatal, desde a concepção até o primeiro mês de vida do bebê, apresenta desafios únicos que requerem abordagens inovadoras para a monitorização e a tomada de decisão médica. Nesse contexto, os sistemas inteligentes, como a inteligência artificial, o aprendizado de máquina e recursos como *big data*, emergem como ferramentas promissoras para transformar a gestão da saúde materno-fetal. Essas tecnologias oferecem benefícios como maior precisão diagnóstica, predição de riscos, personalização de tratamentos e otimização de recursos hospitalares. Este estudo tem como objetivo explorar como essas novas tecnologias podem ser utilizadas para monitorar e tomar decisões médicas durante o período perinatal. Para isso, foi realizada uma revisão de escopo, utilizando três bases científicas: PubMed, Scopus e Web of Science, e seguindo as diretrizes do PRISMA-ScR. Através da seleção da seguinte string de busca: ("pregnancy monitoring" OR "fetal monitoring" OR "obstetrics" OR "midwifery") AND ("non-invasive sensors" OR sensors OR wearables) AND ("intelligent systems" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "decision support systems"), foram identificados inicialmente 93 estudos relevantes. Após a remoção de 21 artigos duplicados identificados pelo Rayyan, 72 artigos únicos foram submetidos a uma análise detalhada à luz dos critérios de inclusão e exclusão. Dessa análise, foram selecionados 36 artigos para revisão. As áreas exploradas na revisão incluem monitorização de gravidez e feto, utilizando sensores não invasivos e *wearables*, sistemas inteligentes para suporte à decisão médica, incluindo inteligência artificial e aprendizado de máquina, e aplicações de *big data* na saúde materno-fetal para análise e predição de riscos. Os principais achados indicam que essas tecnologias têm o potencial de aumentar a precisão diagnóstica e a predição de riscos durante a gestação e o parto, personalizar tratamentos e intervenções de acordo com as necessidades individuais das pacientes, otimizar os recursos hospitalares e melhorar a eficiência do sistema de saúde. Além disso, explora-se se as ferramentas baseadas em novas tecnologias podem aumentar a eficácia e eficiência do sistema de saúde. Por fim, oferece-se uma perspectiva abrangente e atualizada do estado da pesquisa nesse campo, identificando áreas que necessitam de mais estudos em cuidados obstétricos e fornecendo dados clínicos esclarecedores para formuladores de políticas e pesquisadores. Fica evidente que esta área enfrenta desafios éticos, regulatórios e técnicos, incluindo questões de privacidade dos dados, equidade no acesso aos cuidados e validação clínica. Portanto, é crucial que pesquisas futuras abordem essas questões e desenvolvam soluções inovadoras para melhorar os resultados de saúde durante a jornada perinatal, promovendo uma abordagem mais segura, eficaz e centrada no paciente.

Palavras-chave: tomada de decisão médica; sistemas inteligentes; saúde materno-infantil.

ABSTRACT

Monitoring and assessment by health professionals during labor are fundamental to ensuring the safety of both mother and fetus. The perinatal journey, from conception to the baby's first month of life, presents unique challenges that require innovative approaches to monitoring and medical decision-making. In this context, intelligent systems, such as artificial intelligence, machine learning and resources such as big data, are emerging as promising tools for transforming maternal-fetal health management. These technologies offer benefits such as greater diagnostic accuracy, risk prediction, personalization of treatments and optimization of hospital resources. This study aims to explore how these new technologies can be used to monitor and make medical decisions during the perinatal period. To this end, a scoping review was carried out using three scientific databases: PubMed, Scopus and Web of Science, and following the PRISMA-ScR guidelines. By selecting the following search string: ("pregnancy monitoring" OR "fetal monitoring" OR "obstetrics" OR "midwifery") AND ("non-invasive sensors" OR sensors OR wearables) AND ("intelligent systems" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "decision support systems"), 93 relevant studies were initially identified. After removing 21 duplicate articles identified by Rayyan, 72 unique articles were subjected to a detailed analysis in light of the inclusion and exclusion criteria. From this analysis, 36 articles were selected for review. The areas explored in the review include pregnancy and fetal monitoring using non-invasive sensors and wearables, intelligent systems for medical decision support, including artificial intelligence and machine learning, and big data applications in maternal-fetal health for risk analysis and prediction. The main findings indicate that these technologies have the potential to increase diagnostic accuracy and risk prediction during pregnancy and childbirth, personalize treatments and interventions according to patients' individual needs, optimize hospital resources and improve the efficiency of the healthcare system. It also explores whether tools based on new technologies can increase the effectiveness and efficiency of the healthcare system. Finally, it offers a comprehensive and up-to-date overview of the state of research in this field, identifying areas in need of further study in obstetric care and providing insightful clinical data for policymakers and researchers. It is clear that this area faces ethical, regulatory and technical challenges, including issues of data privacy, equity in access to care and clinical validation. It is therefore crucial that future research addresses these issues and develops innovative solutions to improve health outcomes during the perinatal journey, promoting a safer, more effective and patient-centered approach.

Keywords: *medical decision-making; intelligent systems; maternal and child health.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma baseado no PRISMA.	18
Figura 2 - Distribuição dos trabalhos por ano publicado.	20
Figura 3 - Modelo de posicionamento dos acelerômetros no corpo	29
Figura 4 - Exemplo de acelerômetros usados na monitorização fetal utilizando um microcontrolador Arduino	31
Figura 5 - Mudança de paradigma na monitorização perinatal	50
Figura 6 - Estrutura do sistema de monitoramento fetal inteligente	51
Figura 7 - Fluxo da estrutura proposta para o monitoramento gestacional inteligente	53
Figura 8 - Exemplo de Aplicação de Segmentação Automática de Dados de Ressonância Magnética para Diagnóstico Clínico	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos componentes do PCC	17
Tabela 2 - Critérios de inclusão e exclusão.....	17
Tabela 3 - Descrição dos estudos selecionados.	21
Tabela 4 - Meios de monitorização atuais e suas principais vantagens e desvantagens	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Aprendizado de máquina
AUC	<i>Area under the curve</i> ou área sob a curva
BBT	<i>Basal body temperature</i> ou Temperatura basal do corpo
Cardiotoco	Monitoramento cardiocográfico
CTG	Cardiotocografia
CDSS	Sistemas de suporte à decisão clínica
CNNs	<i>Convolutional neural network</i>
CTH	Cardiotocograma
DAC	Diagnóstico Auxiliado por Computador
DCGAN	<i>Deep Convolution Generative Adversarial Network</i>
DL	<i>Deep learning</i>
DOCNN	Rede Neural Convolutacional unidimensional otimizada
DRPF	<i>Framework</i> de Substituição e Predição de Dados
EDD	<i>Estimated due date</i>
EHG	Eletrohisterograma
EMR	Registro eletrônico de saúde
FC	Frequência cardíaca
FECG	<i>Fetal Electrocardiography</i>
FHR	<i>Fetal heart rate</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
IA	Inteligência artificial
IoT	<i>Internet of Things</i>
KNN	<i>K-nearest neighbors</i>
MCU	<i>Microcontroller Unit</i>
MDBP	Pressão sistólica
MET	Equivalentes metabólicos
ML	<i>Machine learning</i>

MO2	Saturação de oxigênio
MRI	Ressonância magnética fetal
MSBP	Pressão diastólica
NB	<i>Naive bayes</i>
NGS	Sequenciamento de próxima geração
NLP	<i>Natural language processing</i>
NTC	Sensores de temperatura
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCC	População, conceito e contexto
PPD	Data provável do parto
PPG	Fotopletismografia por infravermelho
PRISMA-ScR	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews</i>
QP	Questões de pesquisa
RCOG	<i>Royal College of Obstetricians and Gynaecologists</i>
RF	<i>Random forest</i>
RME	Registros médicos eletrônicos
RMSSD	Raiz Quadrada da Média dos Quadrados dos Desvios Sucessivos
SE	<i>Squeeze-and-excitation</i>
SI	Sistemas inteligentes
SQA	Qualidade do sinal
SVM	<i>Support vector machine</i>
TFO	Oxímetro de pulso transabdominal fetal
TOCO	<i>Toconometer</i>
UC	Contrações uterinas
UCINs	Unidades de Cuidados Intensivos Neonatais
UCLA	Universidade da Califórnia, Los Angeles
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
VLF	Variabilidade de baixa frequência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA	16
2.1 Estratégia de pesquisa	16
2.2 Critérios de seleção	17
2.3 Processo de seleção	18
2.4 Variáveis de interesse nos estudos	19
2.5 Distribuição de artigos por ano de publicação	20
3 RESULTADOS	21
3.1 Resposta QP1	26
3.2 Resposta QP2	47
3.3 Resposta QP3	51
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	60
5 CONCLUSÃO	66
6 REFERÊNCIAS	69

O Potencial dos Sistemas Inteligentes na Monitorização e Tomada de Decisão Médica ao longo da Jornada Perinatal: Uma Revisão de Escopo.

Anna Julia Lodi e Faria¹
Analúcia Schiaffino Morales²

Palavras-chave: tomada de decisão médica; sistemas inteligentes; saúde materno-infantil.

Título curto: Sistemas Inteligentes na Jornada Perinatal: Uma Revisão

Autora correspondente: Departamento de Ciências da Saúde, Rod. Governador Jorge Lacerda, km 35,4, Jardim das Avenidas, Araranguá, 88906-072, Santa Catarina, Brasil.

Email: annajuliafaria@outlook.com

Destaques:

- **A ascensão de sistemas inteligentes:** A inteligência artificial, o aprendizado de máquina e a análise de big data estão emergindo como ferramentas inovadoras na gestão da saúde materno-fetal.
- **Benefícios das novas tecnologias:** Essas tecnologias oferecem uma série de vantagens, incluindo maior precisão diagnóstica, capacidade de prever riscos, personalização de tratamentos e otimização dos recursos hospitalares.
- **Desafios a serem superados:** O uso dessas tecnologias enfrenta desafios éticos, regulatórios e técnicos, como a proteção da privacidade dos dados, a promoção da equidade no acesso aos cuidados e a necessidade de validação clínica robusta.
- **Direcionamento para futuras pesquisas:** É essencial que futuras investigações abordem essas questões e desenvolvam soluções inovadoras, visando aprimorar os resultados de saúde durante a jornada perinatal.

¹ Curso de Medicina, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde (CTS), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Araranguá, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Energia e Sustentabilidade (PPGES), Departamento de Computação (DEC), Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde (CTS), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Araranguá, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A jornada perinatal, que engloba o período que vai desde a concepção até o primeiro mês após o nascimento, é uma fase crítica na vida de uma mulher e de seu bebê, repleta de desafios e potenciais complicações. Durante esse tempo, a monitorização contínua e precisa da saúde materna e fetal desempenha um papel fundamental na prevenção e no tratamento de condições que possam surgir. Compreender e antecipar as necessidades médicas durante a gravidez, parto e pós-parto é crucial para garantir resultados positivos para ambos, mãe e bebê (Pereira et al., 2023).

Entretanto, os métodos tradicionais de monitorização perinatal podem ser limitados em sua capacidade de detectar sutilmente mudanças fisiológicas que podem indicar complicações em desenvolvimento. A interpretação desses dados também pode ser subjetiva, dependendo da experiência e julgamento clínico do profissional de saúde envolvido. Além disso, a abordagem tradicional pode resultar em uma sobrecarga de informações que podem ser difíceis de analisar e interpretar de forma eficiente, especialmente em situações de emergência (Gois et al., 2022).

No contexto dos sistemas inteligentes aplicados à monitorização e tomada de decisão clínica na jornada perinatal, a Inteligência Artificial (IA) desempenha um papel fundamental. A IA é um campo amplo que inclui várias técnicas de computação avançada para processar dados e aprender com eles. Dentro da IA, o aprendizado de máquina (ML) é uma subárea que usa algoritmos para identificar padrões em grandes volumes de dados. Uma das técnicas de ML é as redes neurais, que são sistemas de processamento inspirados no cérebro humano e capazes de realizar tarefas complexas, como reconhecer padrões em imagens ou prever eventos futuros com base em dados históricos. Essas tecnologias (IA, ML e redes neurais) são fundamentais para melhorar a monitorização e a tomada de decisão clínica, pois permitem analisar rapidamente dados complexos e identificar padrões que poderiam ser ignorados por métodos tradicionais. Isso ajuda os profissionais de saúde a antecipar riscos e complicações, possibilitando intervenções personalizadas e oportunas para cada paciente (Bonnal et al., 2018; Topol, E. 2019; García et al., 2020; De Almeida et al., 2023).

Os sistemas inteligentes podem ser aplicados em uma variedade de áreas dentro da saúde materno-fetal. Na monitorização fetal, por exemplo, algoritmos de IA podem analisar padrões de frequência cardíaca fetal e movimentos para identificar sinais de sofrimento fetal,

permitindo uma intervenção precoce para evitar danos ao feto. Além disso, dispositivos conectados à Internet das Coisas (IoT) podem transmitir esses dados em tempo real para sistemas de saúde, permitindo monitoramento contínuo e remoto da condição fetal, aumentando assim a eficiência e a prontidão nas respostas clínicas necessárias. No diagnóstico de complicações gestacionais, como pré-eclâmpsia e diabetes gestacional, modelos de ML podem analisar dados clínicos e de exames laboratoriais para prever o risco de desenvolvimento dessas condições, auxiliando na implementação de medidas preventivas (Andrez, 2022; Becker et al., 2020; Ettiyan & Geetha, 2023; Ranjbar et al., 2024).

Além disso, os sistemas inteligentes podem melhorar a comunicação e a colaboração entre diferentes profissionais de saúde, facilitando a troca de informações e garantindo abordagem multidisciplinar para o cuidado da mãe e da prole. No entanto, apesar do grande potencial dessas tecnologias, ainda há desafios significativos a serem superados (Pereira et al., 2023).

Questões éticas, como a privacidade e a segurança dos dados do paciente, são preocupações importantes que precisam ser abordadas para garantir o uso responsável e ético de sistemas inteligentes na área da saúde. Além disso, a falta de padronização e interoperabilidade entre sistemas de informação médica pode dificultar a integração de soluções baseadas em IA nos fluxos de trabalho clínicos existentes. Por fim, a necessidade de validação e regulamentação rigorosas é essencial para garantir a segurança e eficácia dessas tecnologias antes de sua implementação generalizada (Gois et al., 2022).

Assim, os sistemas inteligentes têm o potencial de revolucionar a maneira como a saúde materno-fetal é monitorada e gerenciada. Com a capacidade de processar grandes volumes de dados, identificar padrões complexos e fornecer *insights* valiosos, essas tecnologias podem ajudar a melhorar os resultados de saúde para mães e filhos durante a jornada perinatal. No entanto, é fundamental abordar desafios como questões éticas, regulatórias e de interoperabilidade para garantir que essas soluções sejam implementadas de forma responsável e eficaz (Chen et al., 2019; Davis, 2020; De Moura-Ferreira et al., 2024).

Esta revisão de escopo tem como objetivo analisar o potencial dos sistemas inteligentes na monitorização e tomada de decisão médica ao longo da jornada perinatal, destacando suas aplicações, benefícios e desafios. Serão considerados estudos que explorem o uso de IA, ML e análise de big data em diversas áreas relacionadas à saúde materno-fetal, incluindo monitorização fetal, diagnóstico de complicações gestacionais, predição de riscos obstétricos e neonatais, entre outros.

O presente documento está organizado em seis seções. A Seção 2 apresenta a metodologia empregada para a seleção dos estudos para a revisão de escopo. A Seção 3 apresenta os resultados dos trabalhos selecionados e as respostas das questões de pesquisa que nortearam a pesquisa. As discussões sobre os achados e principais lacunas de pesquisa são apresentados na Seção 4. Seguem a conclusão e as referências bibliográficas.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta revisão foi adaptada das diretrizes *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews* (PRISMA-ScR) (Tricco et al, 2018). O objetivo principal do estudo foi explorar o uso de sistemas inteligentes, incluindo termos como inteligência artificial (IA), Internet das Coisas, ou no termo em inglês, *Internet of Things* (IoT), aprendizado de máquina, ou no termo em inglês *Machine Learning* (ML) e *big data*, desde a monitorização fetal até a tomada de decisão médica ao longo da jornada perinatal. Estes recursos têm sido empregados para auxiliar no processo de decisão médica, seja para auxílio de diagnóstico ou para decisões clínicas nos últimos anos (Morales; Ourique; Cazella, 2021). Foram elaboradas questões específicas relacionadas ao uso dessas tecnologias na área da saúde materno-fetal, de forma a identificar as lacunas de pesquisa desta área. As questões de pesquisa norteadoras do estudo foram:

- **QP1:** Quais métodos, técnicas e arquiteturas têm sido empregados em investigações relacionadas ao uso de sistemas inteligentes na monitorização perinatal?
- **QP2:** Quais são os benefícios e desafios associados ao uso de sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais?
- **QP3:** Como os sistemas inteligentes podem auxiliar na identificação precoce de complicações gestacionais e na tomada de decisão clínica ao longo da jornada pré e perinatal?

2.1 Estratégia de pesquisa

Para conduzir a revisão de escopo, foi empregada a estratégia de busca PCC (População, Conceito, Contexto) enfatizando o resultado sobre o uso de novas tecnologias. A população considerada no estudo é composta por adultas do sexo feminino que planejam a concepção, gestantes, puérperas e seus neonatos. O conceito empregado foi o uso de sistemas inteligentes para monitorização e tomada de decisão durante o trabalho de parto. E o contexto compreende a comparação que se refere a outras abordagens para conduta de parto, como a monitorização manual. Entre os resultados estão os erros clínicos durante o parto e os resultados de saúde. As novas tecnologias são as emergentes que podem afetar a eficácia das intervenções existentes ou ter um impacto significativo na redução de erros clínicos e na melhoria dos resultados de saúde.

Tabela 1 - Descrição dos componentes do PCC

P (População)	Adultas do sexo feminino que planejam a concepção, gestantes, puérperas e seus neonatos.
C (Conceito)	Sistemas inteligentes de monitorização e tomada de decisão médica, incluindo a análise computacional de dados de monitorização fetal e a aprendizagem de máquina.
C (Contexto)	Comparação entre os métodos tradicionais de monitorização e tomada de decisão médica, baseadas em sinais vitais, observação clínica e gráficos físicos.

Fonte: Autoral

2.2 Critérios de seleção

As identificações dos trabalhos de interesse do estudo foram selecionadas considerando o ano de 2023 completo nas três bases de dados: PubMed; Web of Science e Scopus. A *string* de busca foi composta pelas palavras-chaves e os sinônimos correspondentes, associando aos conectores lógicos AND e OR: ("*pregnancy monitoring*" OR "*fetal monitoring*" OR "*obstetrics*" OR "*midwifery*") AND ("*non-invasive sensors*" OR *sensors* OR *wearables*) AND ("*intelligent systems*" OR "*artificial intelligence*" OR "*machine learning*" OR "*decision support systems*").

A tabela 2 apresenta os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos que foram encontrados. Todos os trabalhos foram lidos a partir de seus títulos e resumos posteriormente, após esta etapa inicial foi realizada a leitura integral dos trabalhos selecionados.

Tabela 2 - Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de Inclusão
Artigos primários publicados em inglês
Estudos que avaliem gestantes e seus neonatos
Artigos que avaliam o impacto do uso de sistemas inteligentes na redução de erros clínicos e/ou na melhoria dos resultados de saúde em comparação com outras abordagens
Artigos que avaliam a implementação e/ou usabilidade de ferramentas tecnológicas na área de obstetrícia
Estudos sobre ferramentas para essa monitorização, como sensores
Artigos que descrevem resultados do uso de sistemas inteligentes e novas tecnologias na monitorização e tomada de decisão durante o processo gestacional
Critérios de Exclusão
Estudos com alto risco de viés ou com amostragem inadequada

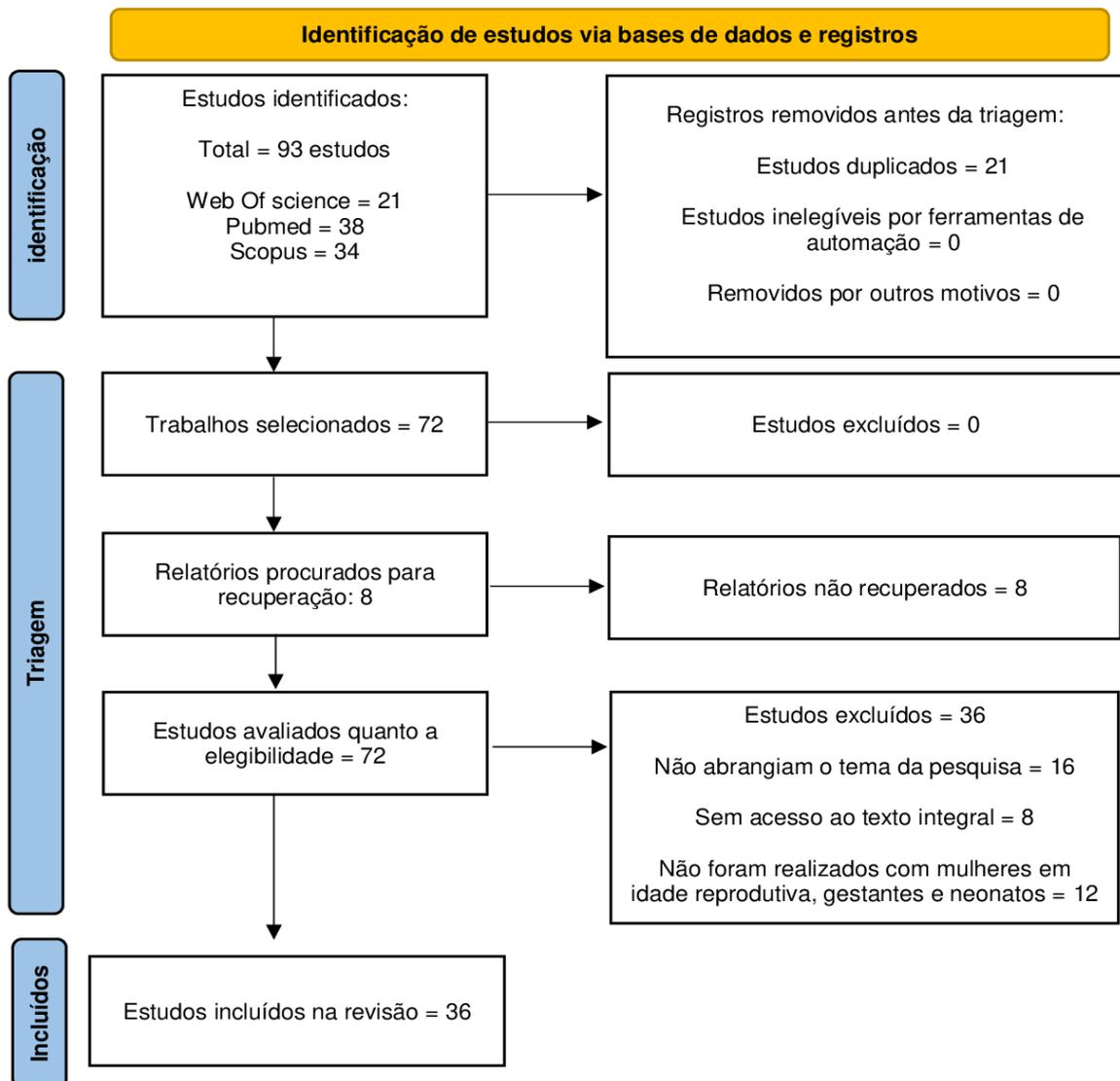
Artigos que não apresentam acesso gratuito ou outras formas de acesso ou texto incompleto.
Não se trata de um artigo, embora esteja classificado como tal em um periódico (editoriais, reviews de livros, pôster, capítulos de livros, etc.).
Artigos publicados em outros idiomas que não sejam inglês.

Fonte: Autoral

2.3 Processo de seleção

Aplicando a *string* de busca nas bases de dados selecionadas foram identificados inicialmente: 21 estudos na Web of Science, 38 na Pubmed e 34 na Scopus, conforme evidenciado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma baseado no PRISMA.



Fonte: Autoral

Os estudos incluídos foram selecionados com base em critérios de relevância para o tema, tipo de intervenção (IA, ML, IoT, *big data*) e foco em áreas específicas da saúde materno-fetal. Após a seleção, foi realizado o diagrama PRISMA para representar o processo de seleção dos artigos, que pode ser visualizado pela Figura 1. Ao todo, foram selecionados 36 artigos que foram sintetizados e analisados de acordo com os objetivos da revisão de escopo, visando identificar lacunas de conhecimento e áreas de oportunidade para futuras pesquisas no campo da monitorização e tomada de decisão médica durante a jornada perinatal.

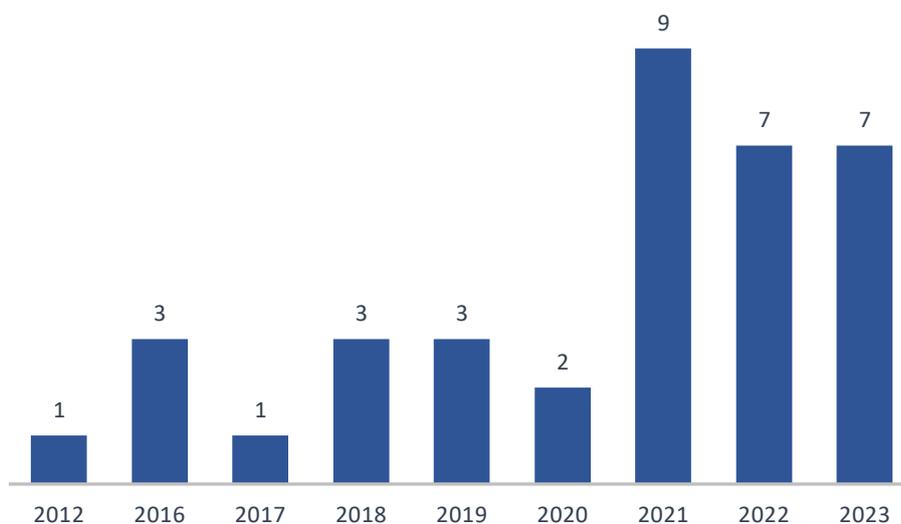
2.4 Variáveis de interesse nos estudos

Inicialmente, foi realizado um mapeamento das evidências encontradas na literatura científica, com foco nas tecnologias. Entre as variáveis de interesse, verificou-se o ano, autores e local da publicação dos estudos, a fim de identificar as fontes de informações. Além disso, foram investigados os tipos específicos de sensores utilizados durante a gestação, tais como aqueles que monitoram a frequência cardíaca fetal, a pressão arterial materna e os níveis de oxigênio no sangue. Foram também examinados os biomarcadores coletados, como os níveis de proteínas ou hormônios no sangue materno, bem como os diferentes tipos de técnicas de inteligência artificial empregadas na tomada de decisão médica durante a gestação. Outra variável de interesse é a etapa da gestação em que ocorreu o monitoramento, incluindo o planejamento da gravidez, o período pré-natal, o período periparto e o pós-parto. Isso abrange desde a concepção até o período após o nascimento. Essa segmentação permite uma análise abrangente das tecnologias e suas aplicações ao longo de todo o processo gestacional, desde o planejamento da gravidez até o período pós-parto. Além disso, investigou-se a mobilidade proporcionada pelo uso dos sensores, verificando se as gestantes podem realizar suas atividades diárias com conforto e sem interferências. Foram consideradas também informações demográficas, como a idade materna e o histórico médico das gestantes. Resultados obstétricos, como a ocorrência de parto prematuro e complicações durante o parto, foram avaliados para entender os desfechos relacionados à gestação. Por fim, desfechos neonatais, como o escore de Apgar e a taxa de mortalidade, foram considerados como indicadores do bem-estar dos recém-nascidos. Variáveis relacionadas às decisões clínicas também foram levadas em conta, incluindo protocolos de monitorização

utilizados, intervenções realizadas, avaliações diagnósticas e tratamentos prescritos durante a gestação.

2.5 Distribuição de artigos por ano de publicação

Figura 2 - Distribuição dos trabalhos por ano publicado.



Fonte: Autoral.

A partir da seleção foram incluídos no estudo 36 trabalhos publicados entre 2012 e 2023. Verifica-se nos últimos três anos, um crescimento no desenvolvimento de trabalhos neste tema, apontando que na comunidade científica há interesse no desenvolvimento de tecnologias aplicadas para esta área.

3 RESULTADOS

A utilização de sistemas inteligentes na área da saúde tem se mostrado uma promissora ferramenta para aprimorar a monitorização e a tomada de decisão clínica ao longo da jornada perinatal. Com a crescente disponibilidade de tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas, aprendizado de máquina e *big data*, surgem novas oportunidades para melhorar os cuidados prestados a mães e bebês durante esse período crucial.

Neste contexto, diversos estudos têm explorado o potencial dessas tecnologias em diferentes aspectos da saúde materno-fetal, desde a monitorização fetal até a previsão de riscos obstétricos e neonatais. Para fornecer uma visão abrangente do estado atual da pesquisa nessa área, apresentamos a seguir uma tabela que contém os trabalhos recentes selecionados para esse estudo, destacando seus objetivos e principais resultados. De acordo com os achados, o primeiro estudo abordando a área surgiu em 2012, empregando biossensores e Web em larga escala para cuidados com a saúde (Andrade et al, 2012), mas somente em 2016, em que foram encontrados trabalhos com sensores para identificar posições e configurações ideais de sensores para detecção precisa de movimentos fetais (Altini et al, 2016) e dois estudos com sensores para monitoração pré-natal (Moreira et al, 2016), (Stroux et al, 2016). Ao total foram selecionados 36 estudos com a metodologia empregada, identificando os trabalhos no período até dezembro de 2023, uma breve descrição e as referências dos estudos foram disponibilizados na Tabela 3. Esses estudos abordam uma variedade de tópicos, incluindo estratégias para promover a segurança e eficácia do cuidado materno e neonatal, avaliação da usabilidade de tecnologias digitais na prática clínica, desenvolvimento de modelos de predição de mortalidade infantil e muito mais. Ao analisar esses estudos em conjunto, é possível identificar tendências emergentes, lacunas de conhecimento e áreas de oportunidade para futuras pesquisas e desenvolvimento de intervenções baseadas em sistemas inteligentes na área da saúde perinatal.

Tabela 3 - Descrição dos estudos selecionados.

Referência	Ano	Título	Objetivos	Principais Resultados
Andrade et al.	2012	<i>Social Web for Large-Scale Biosensors.</i>	Explorar o uso da web social para biossensores em larga escala.	A integração de biossensores com a web social mostrou potencial para monitoramento de saúde em larga escala.
Altini et al.	2016	<i>Detection of Fetal Kicks Using Body-Worn</i>	Investigar a detecção de chutes fetais usando	A pesquisa identificou posições e configurações

		<i>Accelerometers During Pregnancy: Trade-offs Between Sensors Number and Positioning.</i>	acelerômetros vestíveis, considerando o número e a posição dos sensores.	ideais de sensores para detecção precisa de movimentos fetais.
Moreira et al.	2016	<i>Smart Mobile System for Pregnancy Care Using Body Sensors.</i>	Desenvolver e avaliar um sistema móvel inteligente para monitorar a saúde perinatal, especialmente a gravidade da hipertensão em gestantes.	Demonstração da eficácia do sistema proposto na identificação e monitoramento da saúde perinatal, com uma acurácia de 80%, especificidade de 94,44% e sensibilidade de 42,86%.
Stroux et al.	2016	<i>An mHealth monitoring system for traditional birth attendant-led antenatal risk assessment in rural Guatemala.</i>	avaliar a eficácia de um sistema de monitorização mHealth liderado por parteiras tradicionais para a avaliação de riscos pré-natais em áreas rurais da Guatemala.	evidenciam que a adoção de um sistema mHealth conduzido por parteiras tradicionais promove uma detecção precoce mais eficiente de complicações pré-natais e neonatais, contribuindo para intervenções oportunas, melhorando os desfechos de saúde materno-infantil em regiões rurais da Guatemala.
You et al.	2017	<i>Smart Fetal Monitoring.</i>	Sistema de monitoramento fetal, utilizando um cinto sensor de tecido vestível e algoritmos avançados, para detectar e monitorar de forma segura e confiável os movimentos fetais.	A tecnologia reduziu efetivamente a incidência de perda fetal, morbidade perinatal e estresse materno.
Fong et al.	2018	<i>Recovering the fetal signal in transabdominal fetal pulse oximetry.</i>	Avaliar a eficácia da oximetria fetal transabdominal na recuperação do sinal fetal através de tecido materno espesso.	O cancelamento adaptativo de ruído mostrou-se como o método mais eficaz para extrair o sinal fetal, demonstrando potencial para melhorar o monitoramento fetal intraparto.
Gupta et al.	2018	<i>A Prototype for Realtime Monitoring of Fetal Health using a Pressure sensitive material and Sensor based Belt.</i>	desenvolver um protótipo para o monitoramento em tempo real da saúde fetal utilizando um cinto baseado em material sensível à pressão e sensores, visando detectar precocemente possíveis complicações gestacionais.	Resultou em um protótipo de cinto para monitoramento fetal em tempo real, utilizando sensores de material sensível à pressão, com o objetivo de detectar precocemente possíveis complicações gestacionais.
Zakaria et al.	2018	<i>Fetal movements recording system using accelerometer sensor.</i>	Desenvolver um sistema de registro de movimentos fetais usando sensor de acelerômetro.	O sistema proposto foi eficaz na captura e análise dos movimentos fetais.
Dijaya et al.	2019	<i>Visual cohort baby recording based on internet of things for maternal and child health servisse.</i>	Desenvolver um sistema de gravação de coorte visual de bebês baseado na Internet das Coisas para melhorar o	Criação de um sistema integrado que coleta e analisa dados médicos de bebês e gestantes em tempo real,

			monitoramento de saúde materno-infantil.	permitindo intervenções precoces e personalizadas.
You et al.	2019	<i>Smart Fetal Care.</i>	Desenvolver um sistema inteligente de cuidado fetal.	O sistema Smart Fetal Care mostrou potencial para melhorar o monitoramento e a gestão da saúde fetal.
Lindahl et al.	2019	<i>Effects of context-aware patient guidance on blood pressure self-measurement adherence levels.</i>	Estudar os efeitos da orientação contextualmente consciente no autocontrole da pressão arterial.	A orientação contextualmente consciente aumentou significativamente a adesão dos pacientes ao autocontrole da pressão arterial.
Moreira et al.	2020	<i>Computational Learning Approaches for Personalized Pregnancy Care.</i>	Avaliar e aplicar técnicas de aprendizado de máquina para melhorar o diagnóstico médico de complicações gestacionais, oferecendo suporte valioso aos profissionais de saúde em momentos de incerteza durante a gravidez.	É a identificação do algoritmo de estimadores de dependência única média (AODE) como o mais eficiente para identificar distúrbios hipertensivos relacionados à gravidez.
Sadovsky et al.	2020	<i>Advancing human health in the decade ahead: pregnancy as a key window for discovery A Burroughs Wellcome Fund Pregnancy Think Tank.</i>	Discutir a gravidez como uma janela crucial para descobertas em saúde humana na próxima década.	A gravidez foi destacada como um período essencial para intervenções que podem impactar a saúde a longo prazo.
Amarnath et al.	2021	<i>Prognosis Model for Gestational Diabetes Using Machine Learning Techniques,</i>	Desenvolver um modelo de prognóstico para diabetes gestacional usando técnicas de aprendizado de máquina.	O modelo proposto demonstrou eficácia na predição da probabilidade de diabetes gestacional em estágios iniciais, utilizando algoritmos de classificação como RF, SVM, KNN e NB.
Bobrova et al.	2021	<i>Method of Fetal Movement Registration for Remote Monitoring Systems.</i>	Desenvolver um método de registro de movimentos fetais para sistemas de monitoramento remoto.	O método proposto foi eficaz na captura remota dos movimentos fetais, facilitando o monitoramento contínuo.
Esteban-Escañó et al.	2021	<i>Machine Learning Algorithm to Predict Acidemia Using Electronic Fetal Monitoring Recording Parameters.</i>	Desenvolver um algoritmo de aprendizado de máquina para prever acidemia usando parâmetros de monitoramento fetal eletrônico.	O algoritmo proposto melhorou a precisão na predição de acidemia, potencialmente reduzindo riscos durante o parto.
Liang, et al.	2021	<i>Passive Fetal Movement Signal Detection System Based on Intelligent Sensing Technology.</i>	Desenvolver um sistema passivo de detecção de sinais de movimento fetal baseado em tecnologia de sensoriamento inteligente.	O sistema proposto mostrou eficácia na detecção não invasiva dos movimentos fetais.
Lo et al.	2021	<i>Cross Attention Squeeze Excitation Network (CASE-Net) for Whole Body Fetal MRI Segmentation.</i>	Desenvolver uma rede neural para segmentação de MRI fetal de corpo inteiro.	A CASE-Net apresentou resultados superiores na segmentação de imagens de MRI fetal, facilitando diagnósticos mais precisos.

Marques, J. A. L., Et al.	2021	<i>IoT-Based Smart Health System for Ambulatory Maternal and Fetal Monitoring.</i>	Desenvolver um sistema de saúde inteligente baseado em IoT para monitoramento ambulatorial materno e fetal.	Implementação bem-sucedida de um sistema de monitoramento que permite a coleta contínua de dados maternos e fetais, promovendo uma gestão mais eficaz da saúde durante a gravidez.
NSUGBE, Ejay Et al.	2021	<i>A study on preterm birth predictions using physiological signals, medical health record information and low-dimensional embedding methods.</i>	Investigar previsões de nascimento prematuro usando sinais fisiológicos, informações de registros médicos e métodos de incorporação de baixa dimensão.	Métodos propostos mostraram melhor desempenho na previsão de nascimentos prematuros, comparados a abordagens tradicionais.
Veena & Aravindhar	2021	<i>Remote Monitoring System for the Detection of Prenatal Risk in a Pregnant Woman.</i>	desenvolver um sistema de monitoramento remoto para a detecção de riscos gestacionais em mulheres grávidas.	monitorar com eficácia parâmetros críticos de saúde materna, permitindo uma visualização clara e contínua do estado de saúde das gestantes e facilitando intervenções imediatas em situações de risco.
Adu-Amankwah et al.	2022	<i>Limiting adverse birth outcomes in resource-limited settings (LABOR): protocol of a prospective intrapartum cohort study.</i>	Apresentar um protocolo de estudo para limitar desfechos adversos ao nascimento em ambientes com recursos limitados.	O estudo visa desenvolver estratégias eficazes para melhorar os resultados de nascimento em configurações de poucos recursos.
Al-Yousif et al.	2022	<i>Intrapartum cardiotocography trace pattern pre-processing, features extraction and fetal health condition diagnoses based on RCOG guideline.</i>	Processar e extrair características dos padrões de cardiotocografia intraparto para diagnóstico da condição de saúde fetal com base nas diretrizes RCOG.	O método proposto melhorou a precisão do diagnóstico da condição de saúde fetal durante o parto.
Bilal et al.	2022	<i>Predicting perinatal health outcomes using smartphone-based digital phenotyping and machine learning in a prospective Swedish cohort (Mom2B): study protocol.</i>	Desenvolver modelos para prever mulheres em alto risco de complicações mentais e somáticas durante a gravidez e o primeiro ano pós-parto, utilizando dados de fenotipagem digital do aplicativo Mom2B.	Desenvolver algoritmos precisos de previsão de depressão perinatal e parto prematuro, permitindo intervenções precoces para melhorar os resultados de saúde materna e neonatal.
El-Rashidy et al.	2022	<i>Utilizing fog computing and explainable deep learning techniques for gestational diabetes prediction.</i>	utilizar técnicas de computação em neblina e aprendizado profundo explicável para prever a diabetes gestacional.	demonstração da eficácia das técnicas de computação em neblina e aprendizado profundo explicável na previsão da diabetes gestacional.
Kodkin	2022	<i>Cardiotocography in Obstetrics: New Solutions for "Routine" Technology.</i>	Explorar novas soluções para a tecnologia rotineira de cardiotocografia em obstetrícia.	Inovações propostas melhoraram a precisão e a utilidade da cardiotocografia na prática obstétrica.
Venkatasubramanian	2022	<i>Ambulatory Monitoring of Maternal and Fetal using Deep Convolution</i>	Desenvolver um sistema de IoT para monitoramento	O sistema proposto demonstrou eficácia na monitorização contínua e não

		<i>Generative Adversarial Network for Smart Health Care IoT System.</i>	ambulatorial de mãe e feto usando rede adversarial generativa profunda.	invasiva da saúde materno-fetal.
Yu et al.	2022	<i>Tracking of menstrual cycles and prediction of the fertile window via measurements of basal body temperature and heart rate as well as machine-learning algorithms.</i>	Rastrear ciclos menstruais e prever a janela fértil através de medições de temperatura corporal basal e frequência cardíaca, bem como algoritmos de aprendizado de máquina.	Avanço na previsão da janela fértil, oferecendo uma ferramenta útil para planejamento familiar.
Baldazzi et al.	2023	<i>Automatic signal quality assessment of raw trans-abdominal biopotential recordings for non-invasive fetal electrocardiography.</i>	Avaliar automaticamente a qualidade dos sinais brutos de biopotenciais transabdominais para a eletrocardiografia fetal não invasiva.	O método proposto melhorou significativamente a qualidade da avaliação dos sinais eletrocardiográficos fetais.
Erickson et al.	2023	<i>Predicting labor onset relative to the estimated date of delivery using smart ring physiological data.</i>	avaliar a associação entre dados fisiológicos coletados por meio do Oura Ring durante a gestação e a idade gestacional, bem como explorar a utilidade desses dados na predição do parto após a data prevista para o parto (EDD).	identificação de uma significativa relação entre as métricas fisiológicas do Oura Ring e a idade gestacional, além da capacidade desses dados em prever o parto após a EDD com uma precisão modesta, destacando seu potencial impacto na prática clínica perinatal.
Ettiyan & Geetha	2023	<i>Iod-Nets – An IoT based intelligent health care monitoring system for ambulatory pregnant mothers and fetuses.</i>	Desenvolver um sistema de monitoramento de saúde baseado em IoT para mães grávidas e fetos.	O sistema proposto mostrou-se promissor no monitoramento contínuo e na melhoria dos cuidados com a saúde materno-fetal.
Liu, et al.	2023	<i>Recovering fetal signals transabdominally through interferometric near-infrared spectroscopy (iNIRS).</i>	Recuperar sinais fetais transabdominais através da espectroscopia interferométrica no infravermelho próximo (iNIRS).	A tecnologia iNIRS demonstrou ser eficaz na recuperação de sinais fetais transabdominais, oferecendo uma abordagem não invasiva promissora.
Ravindra, Parker & Williams	2023	<i>Deep representation learning identifies associations between physical activity and sleep patterns during pregnancy and prematurity.</i>	identificar associações entre a atividade física e os padrões de sono durante a gravidez e prematuridade, utilizando técnicas avançadas de aprendizado profundo e modelagem de séries temporais.	Demonstra a capacidade de prever a idade gestacional a partir dos dados de dispositivos vestíveis.
Saarikko, Pett & Fry	2023	<i>Supporting lifestyle change in obese pregnant mothers through the wearable internet-of-things (SLIM) - intervention for overweight pregnant women: Study</i>	Investigar a eficácia da intervenção SLIM para promover mudanças de estilo de vida em mulheres grávidas com sobrepeso.	Demonstrou que a intervenção SLIM é capaz de aumentar a autoeficácia em gestão de peso, reduzir o ganho de peso durante a gravidez e melhorar os

		<i>protocol for a quasi-experimental trial.</i>		resultados de saúde materna e neonatal.
Sarhaddi et al	2023	<i>Maternal Social Loneliness Detection Using Passive Sensing Through Continuous Monitoring in Everyday Settings: Longitudinal Study.</i>	Investigar a detecção de solidão social em mães usando sensoriamento passivo durante a gravidez e o pós-parto.	Demonstrou a viabilidade de prever a solidão materna usando dados objetivos coletados passivamente por dispositivos vestíveis, com modelos de aprendizado de máquina.
Velusamy et al.	2023	<i>IoT-enabled intelligent maternal intensive care: A research study.</i>	desenvolver um sistema de monitorização baseado em IoT para gestações de alto risco, visando melhorar a precisão e acessibilidade do acompanhamento perinatal.	demonstrar a viabilidade e eficácia do uso de tecnologias IoT na monitorização contínua de sinais maternos e fetais, promovendo detecção precoce de complicações e melhorando os resultados de saúde perinatal.

Fonte: Autoral.

3.1 Resposta QP1

- **QP1:** Quais métodos, técnicas e arquiteturas têm sido empregados em investigações relacionadas ao uso de sistemas inteligentes na monitorização perinatal?

Investigações relacionadas ao uso de sistemas inteligentes na monitorização perinatal têm empregado uma variedade de métodos, técnicas e arquiteturas. Isso inclui a utilização de sensores e dispositivos médicos, como Dopplers fetais, oxímetros de pulso e monitores de pressão arterial automáticos, para coletar dados fisiológicos essenciais de mães e fetos. A transmissão desses dados é feita através de tecnologias de comunicação, tais como, SMS, GPRS e redes Wi-Fi, permitindo que as informações do paciente sejam enviadas para sistemas de registro eletrônico de saúde (EMR), como o OpenMRS. Além disso, a análise desses dados pode ser realizada por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e técnicas de processamento de dados, que podem prever possíveis complicações perinatais, como pré-eclâmpsia ou sofrimento fetal, identificando padrões de risco. Os sistemas também incluem o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão clínica (CDSS), que oferecem recomendações baseadas em dados e análises algorítmicas, auxiliando os profissionais de saúde na tomada de decisões informadas. Essas abordagens são suportadas por uma arquitetura de software modular e interoperável, permitindo a integração de múltiplos dispositivos e fontes de dados, o que facilita a escalabilidade e adaptação a diferentes contextos e infraestruturas de saúde (Stroux et al., 2016).

Os sistemas inteligentes de monitoramento perinatal utilizam uma variedade de sensores e tecnologias para a detecção precoce de complicações gestacionais e para fornecer suporte à tomada de decisão clínica. Esses sensores e tecnologias desempenham papéis cruciais na coleta, processamento e análise de dados de saúde da mãe e do feto em tempo real. Em geral, são utilizados sensores conhecidos como acelerômetros, que são dispositivos que medem a aceleração linear em um ou mais eixos em que estão montados. No contexto do monitoramento fetal, são usados para detectar movimentos fetais. Um estudo conduzido por Altini et al. (2016) utilizou acelerômetros colocados na região torácica da mãe para registrar movimentos fetais. O sistema de monitoramento baseado em acelerômetros é seguro, barato e pode ser operado em casa, facilitando o estudo contínuo dos movimentos fetais, são geralmente compostos por um material sensível à aceleração, como o silício, e utilizam tecnologias como piezoelétrica ou capacitiva para converter a aceleração em um sinal elétrico mensurável. A eficácia desse sistema foi otimizada usando dois acelerômetros e um acelerômetro de referência, posicionado fora das áreas abdominal e torácica, para diferenciar os movimentos fetais dos movimentos maternos (Zakaria et al., 2018).

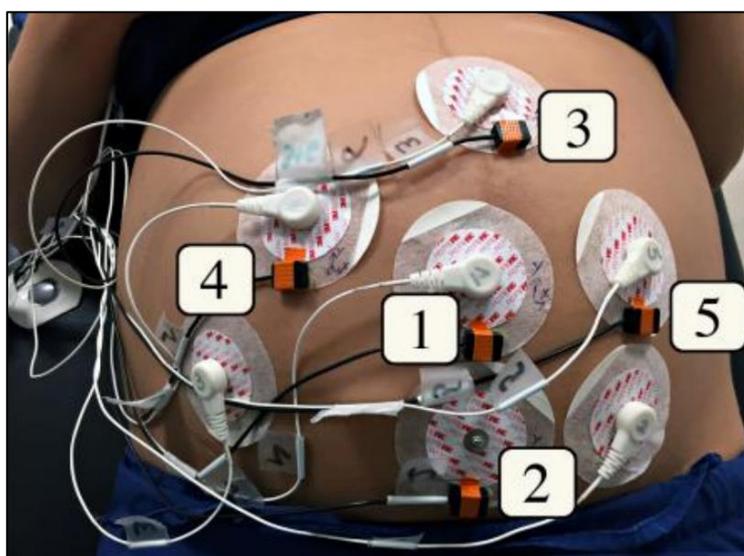
Outro tipo de sensor encontrado, chamado de sensor de pressão são dispositivos que detectam a força física aplicada sobre eles. No protótipo de cinto de detecção de movimentos fetais, é utilizado um material sensível à pressão para detectar os movimentos do feto. Este material é colocado entre duas superfícies condutoras, e a resistência varia conforme a pressão aplicada. Essa variação de resistência é então convertida em sinais elétricos que são processados por um micro controlador. A precisão desses sensores é crucial para detectar com confiabilidade os movimentos fetais, e a integração com algoritmos de aprendizado de máquina permite a análise contínua e a detecção de padrões anômalos (Altini et al, 2016). Também foram encontrados trabalhos com sensor de temperatura ou LM35, um sensor de temperatura preciso e fácil de usar que proporciona uma leitura em graus Celsius. No cinto de monitoramento fetal, o LM35 é usado para medir a temperatura corporal da mãe, o que é essencial para monitorar seu bem-estar geral e detectar possíveis sinais de febre ou outras condições de saúde que possam afetar a gravidez. Os dados coletados são enviados ao microcontrolador para processamento e análise. Os sensores de flexão detectam mudanças na curvatura ou flexão. Esses sensores são usados no cinto para monitorar movimentos específicos da mãe, como mudanças de posição que podem afetar a precisão da detecção dos movimentos fetais. Eles ajudam a garantir que apenas os movimentos fetais sejam registrados, minimizando o ruído e melhorando a precisão do monitoramento (Gupta et al., 2018).

Com relação a tecnologia de comunicação e uso de algoritmos de *machine learning*, foram encontrados uso de módulos Wi-Fi no cinto que permite a transmissão de dados coletados para a nuvem, onde podem ser analisados em tempo real por algoritmos de *machine learning*. O módulo GSM embutido é usado para enviar alertas de angústia fetal aos usuários e médicos, permitindo intervenções rápidas e apropriadas quando necessário. Essa conectividade constante é fundamental para o monitoramento contínuo e a resposta imediata a qualquer sinal de perigo (Gupta et al., 2018). Os dados coletados pelos diversos sensores são enviados para a nuvem, onde algoritmos de aprendizado de máquina analisam os padrões de movimento fetal. Esses algoritmos são treinados para reconhecer sinais de angústia fetal e outras anomalias. Quando uma irregularidade é detectada, um alerta é gerado e enviado ao usuário e ao ginecologista responsável. Esse sistema inteligente permite a identificação precoce de complicações, aumentando as chances de intervenções bem-sucedidas e melhorando os resultados perinatais (Gupta et al., 2018).

Essa análise detalhada dos tipos de sensores e tecnologias utilizados no monitoramento perinatal destaca como os sistemas inteligentes podem proporcionar um suporte robusto à tomada de decisão clínica e a identificação precoce de complicações gestacionais. A identificação precoce de complicações gestacionais e o suporte à tomada de decisão clínica durante a jornada perinatal são aspectos cruciais da obstetrícia moderna. A movimentação fetal, um indicador-chave do bem-estar fetal, tem sido alvo de monitoramento, mas métodos tradicionais, como ultrassom e cardiotocografia, apresentam limitações em termos de acessibilidade e precisão. Nesse contexto, a utilização de sistemas inteligentes baseados em acelerômetros oferece uma abordagem promissora para monitorar os movimentos fetais de forma não invasiva e remota. Esses dispositivos são então montados no corpo da gestante, geralmente na região abdominal, como evidenciado abaixo pela Figura 3 para detectar e registrar os movimentos do feto. Em contraste com os métodos tradicionais, como ultrassom e cardiotocografia, que geralmente requerem equipamentos especializados e a presença de profissionais de saúde treinados, os sistemas baseados em acelerômetros oferecem uma abordagem mais acessível e conveniente. Eles podem ser utilizados de forma autônoma pela gestante em casa, permitindo um monitoramento contínuo e a detecção precoce de possíveis complicações gestacionais. No entanto, é importante reconhecer que os sistemas baseados em acelerômetros não substituem completamente os métodos tradicionais. Enquanto esses dispositivos oferecem uma solução conveniente e eficaz para o monitoramento remoto dos movimentos fetais, eles podem não fornecer todas as informações necessárias para um

diagnóstico completo. Por exemplo, a ultrassonografia ainda é amplamente utilizada para avaliar a anatomia fetal e detectar anomalias estruturais, enquanto a cardiocografia é frequentemente empregada para avaliar a saúde cardiovascular do feto. Portanto, os sistemas inteligentes baseados em acelerômetros representam uma adição valiosa ao arsenal de ferramentas de monitoramento fetal, oferecendo uma maneira conveniente e eficaz de acompanhar os movimentos fetais. No entanto, é importante que esses dispositivos sejam utilizados em conjunto com métodos tradicionais para garantir uma avaliação abrangente do bem-estar fetal e a detecção precoce de possíveis complicações gestacionais (Altini et al., 2016; Fong et al., 2018).

Figura 3 - Modelo de posicionamento dos acelerômetros no corpo



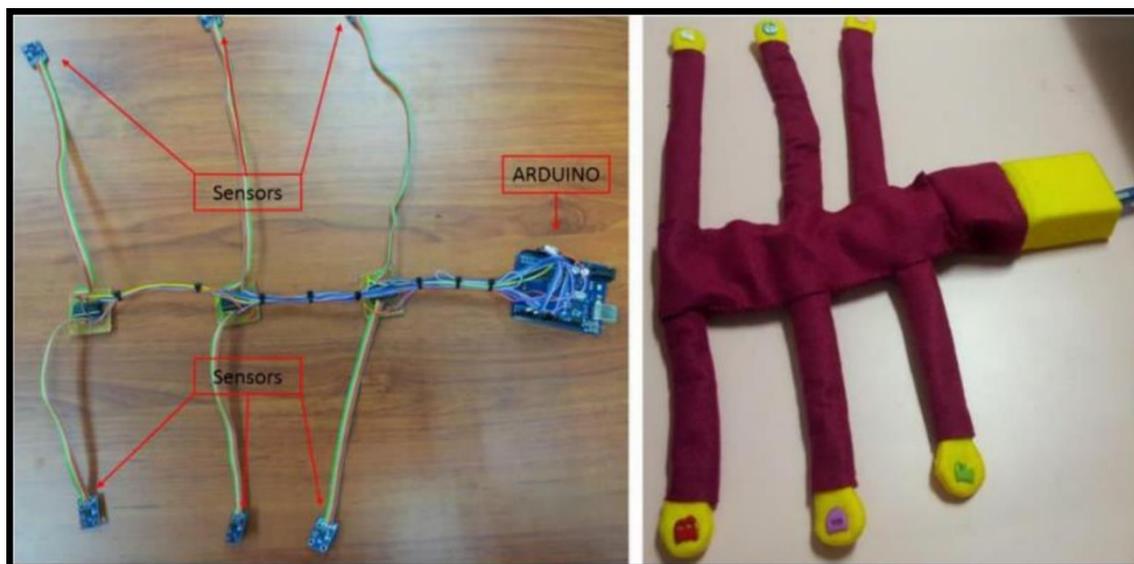
Fonte: Altini et al. (2016).

No estudo sobre *"Intrapartum cardiotocography trace pattern pre-processing, features extraction and fetal health condition diagnoses based on RCOG guideline"* realizado por Alyousif et al. (2022), foi empregado o MATLAB, um ambiente de computação numérica e programação utilizado principalmente em engenharia, matemática e ciências aplicadas. Ele oferece uma variedade de ferramentas para análise de dados, desenvolvimento de algoritmos, modelagem e simulação. No contexto do estudo, o MATLAB foi utilizado para desenvolver algoritmos de extração de características do ritmo cardíaco fetal (FHR) e classificação do cardiotograma (CTG), seguindo as diretrizes do Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (RCOG). O FHR e o CTG são fundamentais na monitorização fetal durante a gravidez e o parto. O FHR é a frequência cardíaca do feto, enquanto o CTG é um registro contínuo da frequência cardíaca fetal em relação às contrações uterinas da mãe. A análise do

CTG é crucial para avaliar a saúde e o bem-estar do feto, identificando padrões que possam indicar riscos obstétricos ou complicações neonatais. O estudo em questão aborda a importância da automação na interpretação do CTG, visando fornecer uma análise precisa e objetiva do estado fetal. Para isso, foram desenvolvidos algoritmos para extrair características do FHR e classificar o CTG com base nas diretrizes do RCOG. Esses algoritmos foram implementados no MATLAB e validados em comparação com a interpretação visual de obstetras experientes. Os resultados mostraram que os algoritmos desenvolvidos são eficazes na classificação do CTG e na interpretação do FHR, proporcionando uma abordagem sistemática e estruturada para a monitorização fetal. Além disso, o estudo ressalta a importância da automação na análise do CTG, especialmente diante da variabilidade e complexidade dos padrões encontrados nos registros. Ao utilizar o MATLAB como plataforma de desenvolvimento, o estudo demonstra como a computação pode auxiliar na melhoria da assistência obstétrica, oferecendo ferramentas precisas e confiáveis para os profissionais de saúde (Al-yousif et al., 2022).

No trabalho publicado na Revista ARPN de Engenharia e Ciências Aplicadas, foram exploradas diversas tecnologias para monitorização perinatal, com foco especial na detecção de movimentos fetais (Zakaria et al., 2018). Esses sistemas baseados em acelerômetros oferecem diversas vantagens. Primeiramente, são não invasivos, ou seja, não requerem intervenção direta no corpo da gestante ou do feto. Além disso, são de baixo custo, o que os torna acessíveis para uma ampla gama de usuários, inclusive em ambientes de baixa renda. Eles também são leves e portáteis, possibilitando o monitoramento contínuo do feto ao longo do dia, sem interferir nas atividades normais da gestante. A aplicação pode ser feita de forma simples e segura. Os acelerômetros são fixados na parede abdominal da gestante e conectados a um dispositivo de registro, como um microcontrolador Arduino. Os dados capturados pelos acelerômetros são então processados e analisados por meio de software, como o MATLAB, para identificar os padrões de movimento fetal. O principal benefício é a capacidade de fornecer uma monitorização contínua e precisa dos movimentos fetais, permitindo a detecção precoce de possíveis complicações gestacionais. Isso pode levar a intervenções médicas oportunas e a uma melhor gestão da saúde materna e fetal. Além disso, esses sistemas proporcionam maior comodidade para as gestantes e reduzem a necessidade de visitas frequentes ao médico para monitorização. Uma abordagem inovadora e promissora para a monitorização perinatal, oferecendo benefícios significativos em termos de acessibilidade, praticidade e precisão na detecção de movimentos fetais. A Figura 4 exemplifica a aplicação, como um microcontrolador Arduino.

Figura 4 - Exemplo de acelerômetros usados na monitorização fetal utilizando um microcontrolador Arduino



Fonte: Adaptado de (Zakaria et al., 2018).

Outra contribuição valiosa para o campo da monitorização perinatal é evidenciada no estudo conduzido por Rajkumar Ettiyan e V. Geetha, no qual é proposta a implementação de um sistema de monitoramento inteligente baseado em IoT para gestantes de alto risco. Este sistema é projetado para coletar uma ampla gama de dados clínicos maternos e fetais, incluindo temperatura, pressão sanguínea, saturação de oxigênio, frequência cardíaca materna e frequência cardíaca fetal, por meio de sensores de IoT estrategicamente posicionados. Esses dados são então transmitidos para a nuvem, onde são armazenados e processados para análise e previsão de complicações obstétricas. Uma das principais inovações apresentadas neste estudo é a utilização de uma Rede Neural Convolutiva unidimensional otimizada (1D OCNN) para a classificação e previsão de emergências maternas e fetais. Esta abordagem permite a extração de características relevantes dos sinais biomédicos coletados, aprimorando a capacidade do sistema de identificar e responder rapidamente a situações de risco. Além disso, o estudo explora o uso de métricas como a pontuação F1 para avaliar o desempenho do modelo de classificação, fornecendo uma medida abrangente de sua precisão e sensibilidade. Além disso, o estudo discute em detalhes as técnicas de análise de dados utilizadas, como a classificação da frequência cardíaca fetal por meio de modelos supervisionados de aprendizado, a detecção de hipóxia fetal durante o parto e o emprego de algoritmos de aprendizado não supervisionado para monitoramento da saúde materna. Essas técnicas são fundamentais para garantir uma avaliação precisa e precoce do estado de saúde tanto da mãe quanto do feto, permitindo a intervenção rápida e eficaz em casos de complicações. Dessa forma, os resultados

apresentados neste estudo fornecem insights valiosos para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento perinatal mais eficientes e precisos, integrando tecnologias de IoT e inteligência artificial de forma inovadora. Esta abordagem promete melhorar significativamente a qualidade da assistência pré-natal e reduzir os riscos associados à gestação de alto risco. (Ettiyan & Geetha, 2023).

O estudo conduzido por Erickson et al. (2023) utilizou o Oura Ring, um dispositivo de rastreamento de saúde comercial usado no dedo. O Oura Ring Gen2 possui sensores de temperatura (NTC), acelerômetro 3-D e fotopletismografia por infravermelho (PPG), que medem sinais fisiológicos, como frequência cardíaca (FC), variabilidade da frequência cardíaca (VFC), tendências de temperatura, respiração e movimento. Esses sensores estão localizados na parte interna do anel, no lado da palma do dedo. Os dados são transmitidos do anel para o telefone do usuário via Bluetooth e, em seguida, para a nuvem. Os usuários podem visualizar suas medidas fisiológicas e insights no aplicativo oura. Os participantes do estudo usaram o Oura Ring durante a gestação. Foram coletados dados de trinta métricas derivadas do dispositivo vestível ao longo da gestação. Essas métricas incluíam atividade, equivalentes metabólicos (MET), calorias, FC, VFC (RMSSD), sono e respiração, entre outros. Os resultados do estudo demonstraram que as métricas fisiológicas coletadas pelo Oura Ring estavam estatisticamente relacionadas à idade gestacional. Além disso, essas métricas foram úteis na previsão de quais participantes provavelmente passariam da data prevista para o parto (EDD) em comparação com aqueles que dariam à luz mais cedo na gestação. Os dados também revelaram que o aumento dos sintomas auto relacionados ao trabalho de parto estava correlacionado com o avanço da idade gestacional, mas não era útil na previsão de quais participantes provavelmente passariam da EDD em comparação com aqueles que dariam à luz mais cedo. Em resumo, os resultados sugerem que as métricas fisiológicas coletadas pelo Oura Ring estão intimamente ligadas ao avanço da gestação e podem ser úteis na previsão de parto após a EDD. Essas informações podem ser valiosas para orientar a tomada de decisões clínicas durante a jornada perinatal (Erickson et al., 2023).

Os métodos empregados para a monitorização perinatal incluem *data mining e machine learning*, que utilizam algoritmos de classificação como *Random Forest (RF)*, *Support Vector Machine (SVM)*, *k-nearest neighbors (KNN)* e *Naive Bayes (NB)* (AMARNATH et al., 2021). O RF é um algoritmo que combina várias árvores de decisão para fazer previsões mais precisas e robustas. Ele é amplamente utilizado devido à sua capacidade de lidar bem com dados de alta dimensionalidade e a presença de características irrelevantes. O SVM funciona mapeando os

dados de entrada para um espaço de alta dimensão e dividindo esses dados por meio de um hiperplano de decisão que maximiza a margem entre as classes. Ele é eficaz na classificação de dados lineares e não lineares e é particularmente útil quando há um grande número de características. O kNN é um algoritmo que classifica novos pontos de dados com base na maioria das classes dos k pontos de dados mais próximos no espaço de características. Ele pode ser eficaz em problemas de classificação com estruturas de dados complexas. O NB é um algoritmo baseado no teorema de Bayes que assume independência entre as características. Ele é simples e fácil de implementar, sendo eficaz em problemas de classificação de texto e categorização de documentos. O pré-processamento dos dados envolveu etapas como limpeza, tratamento de valores ausentes e normalização. A técnica de normalização ajustou os valores das características para um intervalo específico, como 0 a 1, garantindo consistência nos modelos de *machine learning*. A reamostragem foi utilizada para lidar com desequilíbrios nos conjuntos de dados, melhorando a precisão das previsões. Os benefícios do uso de sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais incluem a predição precisa e a identificação precoce de complicações, possibilitando intervenções médicas oportunas. No entanto, existem desafios, como a interpretabilidade dos modelos complexos e a validação clínica em ambientes reais. Os sistemas inteligentes podem auxiliar na identificação precoce de complicações gestacionais e no suporte à tomada de decisão clínica durante a jornada perinatal, fornecendo alertas precoces, análise de risco personalizada e melhor coordenação do cuidado. A análise dos dados utilizando diferentes classificadores mostrou que o RF com parâmetros ajustados obteve maior precisão. O pré-processamento dos dados, incluindo o uso do método de normalização e reamostragem, contribuiu para melhorar a qualidade dos modelos de predição. Os resultados indicam que os sistemas inteligentes podem ser eficazes na predição de riscos obstétricos e neonatais, com potencial para melhorar os resultados perinatais e a tomada de decisão clínica (AMARNATH et al., 2021).

De acordo com S. Veena e D. John Aravindhar (2021), no estudo "*Remote Monitoring System for the Detection of Prenatal Risk in a Pregnant Woman*", o sistema de monitoramento remoto de risco gestacional apresenta uma abordagem abrangente para a coleta e análise de dados relacionados à saúde de mulheres grávidas. Utilizando uma variedade de sensores, incluindo sensor de frequência cardíaca, sensor de glicose no sangue, sensor de temperatura e sensor de contração uterina, o sistema permite a monitorização contínua e não invasiva de diversos parâmetros de saúde materna e fetal. Esses sensores operam com base em princípios biomédicos sólidos. O sensor de frequência cardíaca baseia-se no princípio da

fotopletismografia, que mede a variação no volume do corpo através de qualquer órgão, causando uma mudança na intensidade da luz através da região vascular. Este sensor consiste em um LED e um fotodiodo, que detectam a luz refletida ou transmitida pelo tecido vascular. As pulsações cardíacas causam variações no fluxo sanguíneo, e a quantidade de luz absorvida pelo sangue é proporcional ao volume do mesmo, permitindo a medição da frequência cardíaca. O sensor de glicose no sangue utiliza o suor produzido pela pele para medir os níveis de açúcar no sangue de forma não invasiva. Este sensor envia os níveis de glicose medidos para dispositivos inteligentes compatíveis ou receptores, permitindo o rastreamento dos níveis de açúcar no sangue em intervalos regulares e a tomada de decisões informadas em relação ao tratamento. O sensor de temperatura é baseado em circuitos integrados de silício e inclui circuitos de processamento de sinal, conversor analógico-digital e registros de sensor de temperatura. Ele mede a temperatura de forma contínua e pode ser lido a qualquer momento. Este sensor pode ser monitorado e controlado por um sistema hospedeiro ou processador, permitindo a detecção e notificação de temperaturas acima de limites pré-definidos. O sensor de contração uterina é projetado para monitorar as contrações uterinas de forma não invasiva, através de um dispositivo posicionado no abdômen. Este sensor é essencial para avaliar a atividade uterina durante o trabalho de parto e identificar padrões anormais que possam indicar riscos para a mãe e o feto. Esses sensores, combinados com algoritmos avançados de aprendizado de máquina, possibilitam a análise precisa e oportuna dos dados coletados, fornecendo uma visão abrangente do estado de saúde das pacientes grávidas. Os dados coletados são então submetidos à análise utilizando algoritmos avançados de aprendizado de máquina, como SVM, para determinar o estado atual de saúde das pacientes. Essa análise é essencial para a detecção precoce de complicações gestacionais e a identificação de padrões de risco obstétrico e neonatal. Além disso, o sistema oferece recursos de visualização de dados que permitem aos profissionais de saúde monitorar o status de várias pacientes de forma eficiente e tomar decisões informadas em tempo hábil. Os resultados são comunicados aos médicos e familiares por meio de notificações de risco, permitindo intervenções rápidas e apropriadas em situações críticas. Essa abordagem tem o potencial de prevenir complicações graves, como natimortos, parto prematuro e aborto espontâneo, enquanto fornece suporte vital durante todo o período perinatal. Em última análise, o sistema de monitoramento remoto de risco gestacional oferece uma solução abrangente e acessível para melhorar os resultados de saúde materna e fetal (Veena & Aravindhar, 2021).

Dispositivos móveis com acesso à Internet facilitam a troca de informações entre pacientes e profissionais de saúde, especialmente em áreas remotas, permitindo monitoramento contínuo e coleta de dados em tempo real. Sensores corporais não invasivos monitoram sinais vitais como pressão arterial e níveis de proteína na urina, integrados a sistemas móveis para coleta e transmissão de dados. A Internet das Coisas (IoT) equipa dispositivos do dia a dia com sensores que capturam dados do mundo real, como temperatura e umidade, transmitindo essas informações para uma central, o que contribui para um monitoramento contínuo e em tempo real. O classificador Naïve Bayes é utilizado para identificar a gravidade da hipertensão em gestantes. Comparações entre técnicas de aprendizado supervisionado mostram que o Naïve Bayes é eficaz na previsão de incidências de doenças como câncer e condições específicas como pré-eclâmpsia. Modelos de dados semânticos permitem o armazenamento e interpretação de dados de IoT, proporcionando suporte eficiente para serviços médicos de emergência através de uma plataforma de computação em nuvem (Veena & Aravindhar, 2021).

Em outro estudo, assim como Erickson et al., (2023), Saarikko, Pett e Fry (2023) exploraram também o uso do Oura Ring para monitoramento perinatal. Eles destacaram a variabilidade da frequência cardíaca e as mudanças na temperatura corporal como métricas úteis na previsão de complicações perinatais. O estudo indicou que a análise detalhada dessas métricas pode fornecer insights valiosos sobre a saúde materna e fetal ao longo da gestação, ajudando a identificar possíveis riscos e a tomar decisões clínicas mais informadas (Saarikko, Pett & Fry, 2023).

Técnicas de aprendizado profundo (ou em inglês, *deep learning*) também foram aplicadas ao monitoramento perinatal. Ravindra, Parker e Williams (2023) utilizaram redes neurais profundas para prever a idade gestacional e os resultados de saúde materna. Eles demonstraram que essas técnicas podem identificar padrões complexos nos dados coletados, oferecendo previsões mais precisas e personalizadas. Isso pode auxiliar na personalização dos cuidados pré-natais, permitindo que os profissionais de saúde adaptem suas abordagens com base nas necessidades específicas de cada paciente (Ravindra, Parker & Williams, 2023).

El-Rashidy et al. (2022) apresenta o uso da computação em neblina (*fog computing*) como alternativa de infraestrutura, para processar dados de saúde próximos à fonte de geração, o que reduz a latência e melhora a eficiência na análise de grandes volumes de dados de sensores perinatais. Essa abordagem permite uma resposta mais rápida e precisa às condições de saúde emergentes, melhorando a capacidade de monitoramento e a tomada de decisão em tempo real (El-Rashidy et al., 2022).

Além disso, Moreira et al (2016) exploraram as aplicações de *machine learning* na predição de complicações obstétricas. Eles destacaram a eficácia de diferentes algoritmos na análise de dados de saúde materna e a importância de um pré-processamento rigoroso para maximizar a precisão das previsões. Esses estudos mostram que a aplicação de técnicas avançadas de *machine learning* pode melhorar significativamente a capacidade de prever e prevenir complicações durante a gestação (Moreira et al, 2016).

A tabela abaixo resume os principais sensores de monitorização atuais, destacando seus vantagens e desvantagens:

Tabela 4 - Meios de monitorização atuais e suas principais vantagens e desvantagens

Referência	Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
(Adu-Amankwah et al., 2022)	Sensor: <i>Sibel Health's ANNE™ System</i> (para sinais vitais maternos) e <i>MindChild Meridian M110 Fetal Monitoring System</i> (para sinais de ECG fetal e materno e UC). Aplicativo: <i>CommCare platform</i> (para gerenciamento de dados em tempo real pelos "escrivães" do estudo).	A coleta contínua e em tempo real de dados fisiológicos e de procedimentos clínicos detalhados permite a identificação precoce de complicações intraparto e a implementação de intervenções preventivas para reduzir a mortalidade materna e neonatal em ambientes de poucos recursos.	A dependência de infraestrutura de saúde e tecnologia adequada, além da necessidade de treinamento especializado para a implementação e manutenção dos dispositivos e plataformas de coleta de dados, pode ser um desafio em ambientes de poucos recursos.
(Altini et al. , 2016)	Sistemas baseados em acelerômetros para detecção de movimentos fetais durante a gravidez.	Não Invasivo: Sistemas baseados em acelerômetros não requerem procedimentos invasivos como ultrassom ou cardiocografia, sendo adequados para uso autônomo em casa. Monitoramento contínuo: Permitem o acompanhamento contínuo dos movimentos fetais ao longo de períodos prolongados, oferecendo uma visão mais abrangente em comparação com verificações pontuais em ambientes hospitalares. Segurança e Acessibilidade: São dispositivos relativamente acessíveis, seguros para a mãe e o feto, podendo ser utilizados em diversos ambientes sem necessidade de	Complexidade na configuração dos sensores: A eficácia do sistema depende significativamente do número e posicionamento preciso dos acelerômetros, incluindo a necessidade de um acelerômetro de referência fora da área abdominal.

		infraestrutura especializada.	
(Al-Yousif, Shahad et al., 2022)	CTG: utiliza ultrassom <i>Doppler</i> para monitorar a FHR e um transdutor de pressão para contrações uterinas.	Confiabilidade: Monitoramento contínuo do bem-estar fetal durante a gravidez. Detecção Precoce: Identificação precoce de sofrimento fetal e outras complicações. Avaliação Objetiva: Reduz variabilidade na interpretação comparado à avaliação visual.	Expertise Necessária: Interpretação dos resultados ainda requer profissionais qualificados. Falsos Positivos: Potencial para classificação incorreta de sinais não patológicos como anormais.
(Amarnath et al., 2021)	Algoritmos de aprendizado de máquina, como <i>Random Forest, Regressão Logística, SVM, KNN e Naïve Bayes</i> , para previsão do Diabetes Mellitus Gestacional.	Detecção Precoce: Permite a identificação precoce do DMG usando modelos preditivos, o que pode auxiliar em intervenções e manejo oportunos. Precisão: Algoritmos como RF demonstram alta precisão na previsão do DMG, potencialmente melhorando a confiabilidade diagnóstica. Escalabilidade: Esses algoritmos podem lidar com grandes conjuntos de dados dinâmicos, sendo adequados para aplicação em tempo real na área da saúde.	Complexidade: Implementar e ajustar modelos de aprendizado de máquina requer expertise e recursos computacionais, que podem não estar prontamente disponíveis em todos os ambientes de saúde.
(Andrade et al., 2012)	Sistemas de Sensoriamento Móvel e Biossensores, com foco na monitorização fetal.	Alta Cobertura e Mobilidade: Os sistemas de sensoriamento móvel aproveitam dispositivos móveis equipados com sensores, permitindo uma coleta extensiva de dados em diversos ambientes. Análise de Dados em Tempo Real: Utiliza técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina para analisar grandes volumes de dados em tempo real, possibilitando tomadas de decisão e intervenções rápidas. Impacto em Nível Comunitário: Facilita o sensoriamento comunitário e a análise de redes sociais, contribuindo para a previsão de epidemias e gestão da saúde pública.	Preocupações com Privacidade: Desafios em garantir a privacidade dos usuários ao coletar e compartilhar dados sensíveis de saúde através das redes. Gestão de Recursos: Questões relacionadas à gestão de recursos dos dispositivos (como vida útil da bateria e armazenamento de dados), especialmente em cenários de monitoramento de longo prazo, como o monitoramento da saúde fetal. Complexidade de Integração: Dificuldades em integrar de forma transparente redes de sensores em larga escala com redes sociais para detecção abrangente e previsão de epidemias.

(Baldazzi et al., 2023)	Sistema de monitoramento vestível com sensores de eletrocardiografia fetal não invasiva de múltiplos canais (fECG).	Economia de energia, essencial para sistemas vestíveis, permitindo o monitoramento contínuo e prolongado sem a necessidade de carregamentos frequentes.	A complexidade na implementação de técnicas de processamento de sinais que garantam a economia de energia necessária sem comprometer a precisão dos dados.
(Bilal et al., 2022)	Digital <i>Phenotyping</i> usando o aplicativo de <i>smartphone</i> <i>Mom2B</i> .	<p>Monitoramento Contínuo: O aplicativo coleta dados ativos (pesquisas, gravações de voz) e passivos (dados de sensores de <i>smartphone</i>, registros de atividade) continuamente e em contextos do mundo real, proporcionando um fenótipo digital mais abrangente.</p> <p>Integração de Dados Multimodais: Combina vários tipos de dados (áudio, sensor, pesquisa) para desenvolver modelos preditivos, permitindo uma abordagem holística para monitorar a saúde perinatal.</p> <p>Potencial para Intervenção Precoce: Ao prever gravidezes de alto risco para condições como depressão perinatal e parto prematuro, as intervenções podem ser iniciadas mais cedo, potencialmente melhorando os resultados.</p>	<p>Alta taxa de atrito associada à coleta de dados ativos: A participação contínua das usuárias pode diminuir ao longo do tempo.</p> <p>Custos elevados de recrutamento e manutenção da infraestrutura técnica do aplicativo são desvantagens significativas.</p>
(Bobrova et al. 2021)	Sistema de monitoramento da atividade fetal com acelerômetros.	<p>Não invasivo: Acelerômetros usados no sistema são sensores passivos que não emitem radiação nem representam riscos para o feto ou para a mãe.</p> <p>Alta Sensibilidade: Eles conseguem detectar até os movimentos fetais mais fracos devido à sua alta sensibilidade.</p> <p>Monitoramento de Longo Prazo: Adequados para monitoramento contínuo e prolongado, tanto em</p>	<p>Posicionamento dos Sensores: Requer posicionamento cuidadoso no abdômen para aquisição confiável do sinal, o que pode ser desafiador devido à superfície irregular.</p> <p>Complexidade com Múltiplos Sensores: Para garantir cobertura abrangente dos movimentos fetais por todo o abdômen, são necessários múltiplos acelerômetros,</p>

		<p>instituições médicas quanto em casa.</p> <p>Monitoramento Remoto: Os resultados podem ser transmitidos remotamente para profissionais de saúde, reduzindo a necessidade de visitas presenciais.</p>	<p>potencialmente tornando o sistema volumoso e menos confortável para o paciente.</p> <p>Sensibilidade a Artefatos: Pode registrar artefatos maternos (por exemplo, atividades físicas da mãe), o que requer processamento de sinal para distinguir os movimentos fetais de outras fontes de atividade.</p>
(Dijaya et al., 2019)	<p>Sensores Utilizados: Frequência cardíaca, peso, temperatura e ultrassom.</p> <p>Aplicação Desenvolvida: Aplicativo do Sistema de Informação do Posyandu</p>	<p>Monitoramento em tempo real: Contínuo para sinais vitais.</p> <p>Detecção precoce: Identificação rápida de problemas de saúde.</p> <p>Precisão dos dados: Redução de erros humanos.</p> <p>Acessibilidade: Acesso remoto via web e aplicativos móveis.</p>	<p>Dependência de Infraestrutura: Requer internet e dispositivos IoT funcionais.</p> <p>Custo de Implementação: Pode ser elevado, especialmente em áreas rurais.</p>
(El-Rashidy et al., 2022)	<p><i>Framework</i> de Substituição e Predição de Dados (DRPF) que consiste em três camadas: <i>IoT, Fog, e Cloud</i>. Utiliza sensores IoT para monitorar sinais vitais de gestantes e algoritmos de aprendizado profundo para predição de diabetes gestacional</p>	<p>Sensores IoT: Utilizados para agregar sinais vitais de gestações usando sensores invasivos e não invasivos.</p> <p>Computação em Névoa (<i>Fog Computing</i>): Utilizada como camada intermediária entre dispositivos IoT e centros de dados na nuvem para processar e armazenar dados mais próximos à fonte.</p> <p>Aprendizado Profundo (<i>Deep Learning - DL</i>): Especificamente, uma Rede Neural Profunda (DNN) foi empregada na camada de névoa para implementar o módulo de previsão de Diabetes Mellitus Gestacional.</p>	<p>Sensores IoT: Potenciais problemas com a precisão dos dados devido a fatores ambientais e confiabilidade dos sensores.</p>
(Erickson et al., 2023)	<p><i>Smart ring (Oura Ring)</i> com sensores de temperatura, acelerômetro 3D e fotoplestismografia por infravermelho.</p>	<p>Monitoramento contínuo e não invasivo de métricas fisiológicas.</p> <p>Capacidade de estabelecer baselines biométricos personalizados.</p> <p>Transmissão de dados para o aplicativo do usuário via Bluetooth e para a nuvem.</p>	<p>Dependência de conectividade <i>Bluetooth</i> para transferência de dados.</p>

(Esteban-Escaño et al., 2021)	<p>Tipo de sensor: Monitoramento Eletrônico Fetal (EFM) utilizando um transdutor ultrassônico para captar a atividade eletrocardiográfica fetal e um transdutor TOCO para captar a atividade uterina.</p> <p>Algoritmos de machine learning: Regressão logística, Random Forest e Redes Neurais.</p>	<p>O modelo Random Forest alcançou a melhor performance na predição de acidemia neonatal, com uma capacidade discriminatória boa (AUC de 0.865) e utilidade clínica significativa, prevenindo 46% de cesáreas desnecessárias ao utilizar um ponto de corte de 33% para a probabilidade de acidemia.</p>	<p>A precisão das previsões é afetada por artefatos causados por movimentos dos vasos maternos ou das extremidades do feto, o que é uma limitação para todos os sistemas que tentam prever acidemia em tempo real.</p>
(Ettiyan & Geetha, 2023)	<p>Sensores IoT e IA:</p> <p>Integração de sensores IoT (ex.: temperatura, pressão sanguínea, monitores de frequência cardíaca) para monitoramento contínuo materno e fetal, combinada com o uso de Rede Neural Convolucional unidimensional otimizada (1D-OCNN) para classificação e previsão.</p>	<p>Permite coleta em tempo real de dados de múltiplos sensores, viabilizando monitoramento remoto contínuo. A IA aumenta a precisão diagnóstica, automatiza a análise de dados complexos e melhora a capacidade de previsão.</p>	<p>Questões de segurança de dados devido ao armazenamento em nuvem, dependência de conectividade estável à internet, precisão e confiabilidade dos sensores, além da alta complexidade computacional exigida pela IA.</p>
(Fong et al., 2018)	<p>Oxímetro de pulso transabdominal fetal (TFO).</p>	<p>Não-invasivo: Permite estimar a saturação de oxigênio arterial fetal de forma não-invasiva, utilizando medições de luz transcutânea no abdômen materno. Isso ajuda a reduzir complicações associadas a métodos invasivos, como infecções e intervenções cirúrgicas desnecessárias.</p>	<p>Sinal fraco e desafios de extração: Devido às interações naturais entre luz e tecido, a maior parte do sinal medido não contém informações fetais, mas sim informações maternas. Isso torna difícil a recuperação do sinal fetal fraco e a separação dele do sinal materno mais forte.</p>
(Gupta et al., 2018)	<p>Sensor de Material Sensível à Pressão.</p>	<p>Monitoramento Remoto: Permite monitoramento contínuo dos movimentos fetais sem necessidade de visitas frequentes ao médico.</p> <p>Baixo Custo: Mais acessível em comparação com métodos tradicionais como ultrassom e efeito Doppler, viabilizando uso em áreas rurais.</p> <p>Integração IoT e Machine Learning: Utiliza IoT para conectar o dispositivo à nuvem, onde algoritmos de machine learning analisam padrões de movimentos fetais, detectam anomalias e</p>	<p>Precisão do Sensor: A precisão pode ser limitada na detecção de movimentos fetais sutis.</p> <p>Dependência de Conectividade: Requer conexão estável à internet para envio contínuo de dados à nuvem e recebimento de notificações.</p>

		notificam médicos e usuários.	
(You et al., 2017)	O estudo utiliza um cinto sensor de tecido vestível combinado com algoritmos de processamento de sinais avançados para monitorar movimentos fetais de forma contínua e precisa.	<p>Monitoramento Contínuo e Não Invasivo: Acompanhamento constante e seguro sem intervenções invasivas.</p> <p>Detecção Precisa e Confiável: Redução de falsos positivos/negativos, fornecendo dados precisos.</p> <p>Redução de Morbidade Perinatal e Estresse Materno: Identificação precoce de problemas, intervenção rápida, redução do estresse materno.</p> <p>Portabilidade e Conforto: Uso diário confortável, sem restrição de atividades.</p>	<p>Custo: Desenvolvimento e produção caros, possíveis custos adicionais.</p> <p>Dependência de Tecnologia: Necessidade de dispositivos de processamento e conectividade.</p> <p>Complexidade na Interpretação dos Dados: Requer profissionais qualificados para interpretação precisa.</p> <p>Manutenção e Confiabilidade do Equipamento: Possibilidade de falhas e necessidade de manutenção regular.</p>
(You et al., 2019)	Sistema de monitoramento fetal composto por cinto com sensor macio, módulo de controle, software de análise de dados e aplicativo móvel.	Monitora movimentos fetais e contrações uterinas de forma segura, não intrusiva, em tempo real e fora do ambiente clínico, oferecendo cuidados personalizados e acessíveis.	Desafios relacionados à precisão, adaptação em larga escala e aceitação por usuários e profissionais de saúde, dado que está em fase de testes preliminares.
(Kodkin, 2022)	CTG fetal com sensores ultrassônicos.	Monitoramento não invasivo e contínuo da frequência cardíaca fetal.	Instabilidade inicial do sinal ultrassônico e dificuldades na distinção de sinais verdadeiros e falsos.
(Liang, et al, 2021)	sensores de aceleração <i>mCube MC3672</i> , integrados com um microprocessador <i>Nordic nRF52840</i> e módulo <i>Bluetooth</i> para aplicações vestíveis.	<p>Não Invasiva e Conveniente: Detecta movimentos fetais de forma não invasiva e pode ser usado em casa, oferecendo conforto às gestantes.</p> <p>Monitoramento Contínuo: Permite monitoramento contínuo dos movimentos fetais ao longo do tempo, facilitando a detecção precoce de complicações em comparação com ultrassom tradicional. Integração com Dispositivos Móveis: Inclui módulo Bluetooth para transmitir dados em tempo real para</p>	<p>Sensibilidade Variável: A percepção dos movimentos fetais varia entre gestantes, afetando a precisão dos dados coletados.</p> <p>Necessidade de Calibração: Requer calibração para evitar identificar artefatos (como movimentos maternos, tosse) como movimentos fetais, exigindo ajustes na configuração do limiar de amplitude.</p>

		aplicativos móveis, proporcionando visualização imediata dos resultados.	
(Lindahl, et al., 2019)	<p>Tecnologia de Medição Automática da Pressão Arterial (ValidAid)</p> <p>Tipo de Sensor: O sistema <i>ValidAid</i> utiliza um dispositivo de pressão arterial digital clinicamente aprovado (<i>A&D Digital BP Monitor UA-767PBT</i>) e um sensor de cadeira com sensores piezo-resistivos para registrar a colocação das pernas e o apoio das costas.</p> <p>Aplicativo Computacional: Inclui uma interface de usuário interativa por tela sensível ao toque para orientação e feedback do usuário, além de um sistema de suporte à decisão integrado.</p>	<p>Precisão e Confiabilidade: A tecnologia <i>ValidAid</i> permite que pacientes realizem medições precisas da pressão arterial seguindo recomendações internacionais, com uma aderência elevada às instruções de repouso e silêncio (99%).</p> <p>Autonomia do Paciente: Os participantes se sentiram confortáveis ao usar o equipamento de automedida, indicando uma aceitação positiva da realização de automedidas.</p> <p>Redução de Recursos Humanos: Potencial para reduzir a necessidade de pessoal treinado para medições de pressão arterial em ambientes clínicos.</p>	<p>Baixa Adesão a Recomendações Não Reforçadas: Recomendações como manter as pernas descruzadas (69%) e o apoio das costas (35%) não foram seguidas na mesma extensão que as recomendações ativamente reforçadas pelo sistema.</p>
Liu, Shing-Jiuan et al.	Espectroscopia Infravermelha Próxima Interferométrica (iNIRS).	<p>Melhoria na Separação de Sinais: A iNIRS permite uma melhor separação dos sinais fetais dos sinais maternos ao utilizar padrões de interferência no domínio do tempo.</p> <p>Penetração em Tecidos Profundos: Permite a detecção de sinais de tecidos fetais profundos.</p> <p>Redução na Necessidade de Potência de Luz: Alcança isso com menor potência de luz necessária em comparação com outros métodos como CW-NIRS, reduzindo preocupações.</p>	<p>Complexidade: A iNIRS envolve configurações complexas e algoritmos computacionais para extração de sinal, o que pode aumentar a complexidade operacional e o custo.</p>
Lo, Justin et al.	<i>Deep Learning</i> aplicado à segmentação automática de imagens de ressonância magnética fetal (MRI).	<p>Precisão Aumentada: O uso de redes neurais convolucionais (CNNs) como <i>U-Net</i> e <i>CASE-Net</i> permite uma segmentação mais precisa, especialmente em imagens médicas complexas como MRI fetal.</p> <p>Automação: Reduz significativamente o tempo e custo associado à segmentação manual,</p>	<p>Possível Over-segmentation: <i>CASE-Net</i>, em particular, demonstrou uma tendência para <i>over-segmentation</i> (segmentação excessiva), o que pode levar a falsos positivos em algumas situações clínicas.</p>

		tornando o processo mais eficiente. Versatilidade: Capacidade de lidar com a variabilidade morfológica e de qualidade de imagem em imagens de ressonância magnética fetal.	
Marques, J. A. L., et al.	O sistema incorpora sensores IoT para monitoramento materno e fetal. Para monitoramento fetal, utiliza um sensor de ultrassom <i>Doppler</i> para a FHR e um tocógrafo para contrações uterinas (UC). No monitoramento materno, são utilizados sensores para MHR e saturação de oxigênio (MO ₂) através de fotopletismografia, temperatura e pressão arterial (sistólica MDRP e diastólica MSBP) por meio de sensores digitais.	Monitoramento Contínuo: Habilita o monitoramento contínuo e em tempo real dos parâmetros de saúde maternos e fetais, crucial para gestações de alto risco. Auxílio Diagnóstico Automático: Integra inteligência artificial (classificador CNN) para apoiar a tomada de decisão médica, prevendo estados de saúde com base nos dados monitorados. Subsistema de Emergência: Inclui uma camada de computação em névoa (<i>fog computing</i>) para detecção e resposta de emergências em tempo real, melhorando a intervenção médica oportuna.	Alto Volume e Complexidade de Dados: Lidar com grandes volumes de dados de múltiplos sensores em tempo real apresenta desafios significativos em termos de armazenamento, processamento e comunicação, especialmente em ambientes com recursos limitados.
Moreira, et al.	Sensores Corporais: Usados para monitoramento em tempo real de parâmetros fisiológicos como pressão sanguínea. Aplicação Móvel: Facilita a coleta, transmissão e análise de dados usando <i>smartphones</i> ou <i>tablets</i> .	Monitoramento Remoto: Permite que profissionais de saúde monitorem gestações de alto risco remotamente, especialmente benéfico para pacientes em áreas remotas ou carentes. Dados em Tempo Real: Fornece atualizações imediatas sobre o estado de saúde, permitindo intervenções e ajustes de cuidados de forma oportuna. Suporte à Decisão: Utiliza o classificador <i>Naïve Bayes</i> para auxiliar especialistas em saúde no diagnóstico e manejo da gravidade da hipertensão, melhorando a tomada de decisões.	Dependência de Conectividade: Dependência significativa de conectividade com a internet para transmissão de dados, o que pode ser inconsistente em áreas remotas. Preocupações com Segurança de Dados: Aplicações de saúde móvel que lidam com dados sensíveis requerem medidas robustas de segurança para proteger informações dos pacientes. Requisito de Habilidades: Requer que profissionais de saúde sejam treinados no uso e na interpretação dos dados das aplicações de saúde móvel e dispositivos de sensor.
Moreira, et al. (2020)	Integração de <i>Big Data</i> com algoritmos de ML para melhorar diagnósticos médicos em distúrbios	Melhoria na Tomada de Decisão: Capacidade de analisar grandes volumes de dados para decisões clínicas mais precisas. Capacidade Preditiva:	Segurança de Dados: Riscos associados à integração de dados médicos sensíveis. Complexidade na Implementação:

	hipertensivos durante a gravidez.	Algoritmos de AM ajudam a prever e classificar complicações da gravidez usando dados de risco e sintomas. Monitoramento em Tempo Real: Utilização de dispositivos IoT para alertas precoces sobre condições críticas de saúde.	Requer infraestrutura robusta para processamento e integração de Big Data com modelos de AM.
N.G. Ravindra, et al.	monitores de actigrafia: como o <i>Motionwatch8</i> da <i>CamNTech</i> , para coletar dados contínuos de atividade física e padrões de sono durante a gravidez. o foco principal é o algoritmo <i>series2signal</i> (desenvolvido para analisar e interpretar os dados de actigrafia).	Monitoramento contínuo e objetivo de atividade física e sono. Potencial para predição de riscos de parto prematuro.	Menor precisão comparativa em relação a métodos tradicionais de determinação da idade gestacional.
NSUGBE, Ejay et al.	Eletróhistograma (EHG) Aplicativo ou Método de Aquisição: Os sinais EHG foram adquiridos usando um sistema de aquisição de dados conectado aos eletrodos.	Precisão potencial na medição das contrações uterinas. Não invasivo em comparação com métodos como medição direta do colo do útero.	Complexidade de interpretação dos sinais. Custo e disponibilidade de equipamentos especializados.
S. Veena; D. John Aravindhar.	Sistema de Monitoramento Remoto de Risco na Gravidez (<i>Remote Pregnancy Risk Monitoring System</i>), utilizando sensores sem fio e dispositivos móveis (<i>smartphones</i>) conectados à internet para monitoramento remoto de saúde.	Permite o monitoramento contínuo e remoto da saúde das gestantes, facilitando a detecção precoce de riscos e a comunicação eficiente com profissionais de saúde.	A eficácia do sistema depende da disponibilidade de dispositivos e acesso à internet, o que pode ser limitado em áreas remotas ou subdesenvolvidas.
Saarikko, J., et al.	Anel Oura é um dispositivo vestível equipado com vários sensores, incluindo PPG e unidade de medição inercial para medir frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, taxa de respiração, duração do sono, temperatura corporal e contagem de passos.	Oferece monitoramento contínuo e não invasivo de parâmetros de saúde. Fácil de usar e adequado para uso a longo prazo. A coleta de dados é automatizada e sincronizada com um aplicativo de smartphone, facilitando o acesso e a análise.	A vida útil da bateria pode limitar o monitoramento contínuo, exigindo recargas periódicas.
(Sadovsky, et al., 2020)	Sequenciamento de próxima geração (NGS): Analisa variantes genéticas	Entendimento Avançado: Profundidade nos fatores	Custo: Implementação cara, limitando acessibilidade.

	<p>ligadas aos resultados da gravidez.</p> <p>IA e ML: Modelagem preditiva de interações biológicas complexas.</p> <p>Registros Médicos Eletrônicos (RME): Captura e analisa dados longitudinais do paciente.</p>	<p>genéticos, fisiológicos e ambientais da gravidez.</p> <p>Medicina Personalizada: Intervenções adaptadas com base em dados genéticos e de saúde.</p> <p>Detecção Precoce: Identificação precoce de complicações para melhores intervenções.</p> <p>Percepções Baseadas em Dados: <i>Insights</i> sobre tendências de saúde populacional.</p>	<p>Privacidade de Dados: Preocupações sobre segurança e privacidade de dados.</p> <p>Complexidade: Requer expertise e infraestrutura especializada.</p> <p>Considerações Éticas: Questões éticas em IA e testes genéticos.</p>
(Sarhaddi, et al., 2023)	<p><i>Smartwatches</i> com capacidades de sensoriamento passivo.</p>	<p>Monitoramento Contínuo: Os <i>smartwatches</i> permitem a coleta contínua de dados fisiológicos (como frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, atividade física e padrões de sono), proporcionando um conjunto de dados rico para análise. Prevenção e Intervenção: A capacidade de detectar solidão materna precocemente pode permitir intervenções para melhorar o bem-estar da mãe e do filho. Dados Objetivos: O uso de dados coletados por <i>smartwatches</i> pode oferecer insights mais confiáveis em comparação com medidas auto-relatadas.</p>	<p>Qualidade dos Dados: Os <i>smartwatches</i> podem ser suscetíveis a ruídos de sinal e problemas de confiabilidade (por exemplo, artefatos de movimento em sinais de PPG), o que pode afetar a qualidade dos dados fisiológicos coletados. Dependência do Dispositivo: O uso contínuo do <i>smartwatch</i> e a manutenção da bateria são necessários, o que pode afetar a completude e a validade dos dados coletados.</p>
(Stroux, et al., 2016)	<p>Sistema baseado em smartphones.</p> <p>Sensores periféricos: Incluindo um <i>Doppler</i> portátil para identificação de comprometimento fetal, um oxímetro de pulso para medição da saturação de oxigênio.</p> <p>Aplicativo móvel: Dedicado à coleta de dados e suporte à decisão clínica.</p>	<p>Acessibilidade e Facilidade de Uso: Projetado para ser utilizado por parceiras analfabetas com pictogramas e orientações sonoras, sendo inclusivo para populações com baixa alfabetização.</p> <p>Processamento de Dados em Tempo Real: Utiliza processamento local e em nuvem para análise imediata e alertas por SMS, permitindo intervenções oportunas.</p> <p>Integração com Infraestrutura de Saúde: Integração planejada com o sistema de prontuário médico de código aberto</p>	<p>Questões de Treinamento e Familiaridade: Requer treinamento significativo para melhorar o entendimento dos usuários sobre a tecnologia e os sinais fisiológicos, potencialmente afetando as taxas iniciais de adoção.</p>

		<i>OpenMRS</i> para gestão eficiente de dados e continuidade do cuidado.	
(Velusamy, et al., 2023)	Sensores Utilizados: ECG, FHR, UC conectados a uma MCU (<i>Microcontroller Unit</i>). Tecnologia de Comunicação: Transmissão sem fio para servidor web. Interface de Usuário: GUI (<i>Graphical User Interface</i>) para análise médica.	Monitoramento Contínuo: Detecta precocemente anomalias. Acesso Remoto: Permite cuidados ágeis à distância. Escalabilidade e Acessibilidade: Viável em diferentes contextos econômicos. Facilidade de Uso: Interface intuitiva para profissionais e pacientes.	Segurança de Dados: Riscos associados à privacidade dos dados transmitidos.
(Venkatasubramanian, 2022)	Sistema IoT para Monitoramento de Saúde Materna e Fetal. Utiliza sensores IoT para monitorar continuamente parâmetros como frequência cardíaca materna, fetal, saturação de oxigênio, pressão arterial e tônus uterino. Aplica DCGAN para classificação inteligente dos dados.	Monitoramento Contínuo: Detecta anomalias em tempo real. Acessibilidade Remota: Permite acesso de qualquer lugar. Capacidade Preditiva: Prevê condições de saúde com precisão.	Segurança de Dados: Riscos de privacidade durante transmissão. Dependência Tecnológica: Requer infraestrutura robusta e expertise. Custo e Acesso: Custos iniciais e necessidade de conectividade.
(Yu et al., 2022)	<i>Wearable device (Huawei Band 5)</i> combinado com termômetro de ouvido e algoritmos de aprendizado de máquina.	Alta precisão na previsão da janela fértil (87,46%) e da menstruação (89,60%) entre mulheres com ciclos menstruais regulares.	Desempenho significativamente inferior na previsão da janela fértil (72,51%) e da menstruação (75,90%) entre mulheres com ciclos menstruais irregulares.
(Zakaria et al., 2018)	Sensor de acelerômetro.	Não invasivo: O sensor de acelerômetro é não invasivo, o que significa que não requer procedimentos que possam prejudicar a mãe ou o feto. Baixo custo: É uma solução relativamente econômica em comparação com outros métodos como ultrassom. Leve: Sendo leve, é confortável para a mãe usar durante longos períodos. Fácil de usar: Pode ser utilizado em casa pela gestante, facilitando o monitoramento contínuo. Acurácia: O sistema de gravação de movimentos fetais proposto alcançou uma precisão de 85.87%,	Menor precisão comparado ao ultrassom: Apesar de ser uma alternativa viável ao ultrassom, o sensor de acelerômetro tem uma precisão menor na detecção de movimentos fetais em comparação com o ultrassom.

		comparado à técnica de percepção materna que alcançou 59.78%.	
--	--	---	--

Fonte: Autoral

3.2 Resposta QP2

- **QP2:** Quais são os benefícios e desafios associados ao uso de sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais?

A implementação de sistemas inteligentes na prática obstétrica é uma área em constante evolução, com potencial para melhorar significativamente os cuidados perinatais. No entanto, esse avanço não vem sem desafios substanciais. A interpretação dos dados coletados por esses sistemas é crucial, exigindo não apenas um entendimento profundo de técnicas de processamento de sinais e análise estatística, mas também uma compreensão da fisiologia fetal (Bobrova et al., 2021).

Fatores externos como idade gestacional, características maternas e condições clínicas podem influenciar a interpretação dos dados, destacando a necessidade de algoritmos sofisticados para lidar com essa complexidade (Yu et al., 2022). A integração ética, regulatória e de segurança dessas tecnologias nos cuidados obstétricos tradicionais também representa um desafio significativo (You et al., 2019).

Os benefícios potenciais desses sistemas são notáveis. Eles permitem a detecção precoce de complicações gestacionais e neonatais, como pré-eclâmpsia e restrição de crescimento fetal, possibilitando intervenções oportunas que reduzem o risco de morbidade e mortalidade materna e neonatal (Yu et al., 2022). Além disso, eles oferecem a capacidade de personalizar o cuidado para cada paciente, com base em dados específicos, melhorando assim a eficiência dos serviços de saúde perinatal (Dijaya et al., 2019). Incluem a capacidade de monitorar continuamente o bem-estar fetal de maneira não invasiva, a facilidade de uso em ambientes domiciliares e a possibilidade de intervenções médicas oportunas. No entanto, desafios permanecem, como a necessidade de garantir a precisão dos sensores em diferentes condições e a proteção da privacidade dos dados de saúde transmitidos e armazenados na nuvem (Gupta et al., 2018).

Lo et al. (2021) ressaltam a relevância da detecção precoce de complicações gestacionais e da assistência à decisão clínica durante o processo perinatal. Para enfrentar esse desafio, propõem a Cross Attention Squeeze Excitation Network (CASE-Net), uma arquitetura

de rede neural projetada para segmentar automaticamente imagens de ressonância magnética fetal em 2D. Essa inovação combina mecanismos de atenção com blocos de squeeze-and-excitation (SE), permitindo uma focalização eficiente em informações contextuais cruciais para a segmentação biomédica. Os resultados do estudo demonstram um desempenho notável, alcançando uma pontuação de Dice de 87,36%. O coeficiente de similaridade de Dice é uma métrica amplamente utilizada para avaliar a concordância entre a segmentação automática realizada por algoritmos e a segmentação manual realizada por especialistas. Quanto mais próximo o valor do coeficiente de Dice estiver de 1, maior é a concordância entre as duas segmentações. Comparativamente, a tecnologia CASE-Net supera o método tradicional de segmentação manual em vários aspectos. Enquanto a segmentação manual é trabalhosa, sujeita a vieses de observadores e pode ser demorada, o CASE-Net oferece uma abordagem automatizada e eficiente, economizando tempo e recursos. Além disso, a precisão e consistência da segmentação produzida pelo CASE-Net são evidenciadas pela alta pontuação de Dice, indicando uma sobreposição significativa com a segmentação manual de referência. Portanto, o CASE-Net não apenas impulsiona a precisão diagnóstica na análise de imagens perinatais, mas também oferece uma alternativa viável e eficaz ao método tradicional de segmentação manual, proporcionando suporte inestimável aos profissionais de saúde em ambientes clínicos.

Um desafio importante foi abordado pelo estudo LABOR na área da saúde materno-infantil, especialmente em contextos com recursos limitados. Desenvolvido por Amanda Adu-Amankwah et al. (2022), o protocolo descreve um estudo prospectivo de coorte intraparto com o objetivo de limitar os resultados adversos durante o parto. Este estudo propõe uma abordagem abrangente para entender e mitigar complicações maternas e neonatais em ambientes onde os recursos são escassos. Um aspecto fundamental do estudo é a coleta contínua de dados durante o trabalho de parto, parto e imediatamente após o parto. Para realizar essa tarefa em tempo real, os pesquisadores introduziram os "escrivães" do estudo, especialistas em coleta de dados encarregados de reunir informações detalhadas por meio de observação direta, interrogatório da equipe clínica e abstração de prontuários médicos. Os escrivães não têm função clínica; os provedores de cuidados clínicos no local tomam todas as decisões e diagnósticos sobre o manejo do trabalho de parto de acordo com as práticas prevalentes em cada local do estudo. Entretanto, essa abordagem não está isenta de desafios. Os escrivães enfrentam dificuldades quando múltiplos eventos ocorrem simultaneamente ou quando precisam de tempo para confirmar as observações feitas. Essas situações podem demandar que os escrivães permaneçam lado a lado dos participantes por períodos prolongados, o que pode afetar o ritmo da coleta de dados e até

mesmo comprometer a precisão das informações registradas. Além disso, a ausência de uma função clínica para os escrivães pode resultar em dificuldades na interpretação dos eventos observados e na comunicação efetiva com a equipe clínica. Portanto, é essencial reconhecer e abordar esses desafios para garantir a integridade e utilidade dos dados coletados, pois eles desempenham um papel fundamental na condução e interpretação dos resultados do estudo.

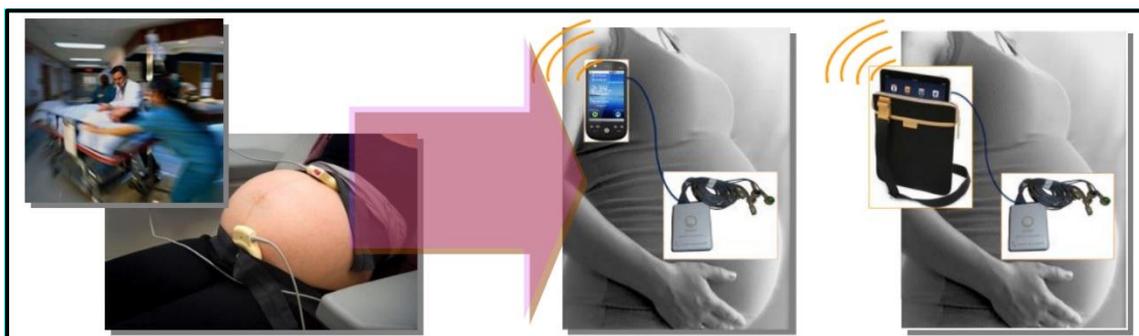
A interpretação dos dados coletados por sistemas inteligentes e a subsequente tomada de decisões clínicas representam um desafio significativo na implementação dessas tecnologias na prática obstétrica. Embora os sensores inteligentes forneçam uma riqueza de informações sobre a atividade fetal e outros parâmetros relevantes, a tradução desses dados em insights clinicamente úteis requer um entendimento profundo de técnicas de processamento de sinais, análise estatística e fisiologia fetal. Distinguir entre padrões normais e anormais de atividade fetal é um desafio crítico, exigindo a capacidade de identificar padrões suspeitos que justifiquem uma intervenção médica, enquanto se evita o alarmismo desnecessário. Além disso, a interpretação dos dados pode ser influenciada por vários fatores, como idade gestacional, características maternas e condições clínicas. Por exemplo, o comportamento fetal varia ao longo da gestação, e certas condições maternas podem afetar os padrões de atividade fetal. Algoritmos sofisticados de análise de dados são essenciais para lidar com esses desafios, considerando múltiplos parâmetros para gerar insights clínicos relevantes. A educação contínua dos profissionais de saúde também é crucial para garantir uma interpretação precisa dos dados. Em resumo, a interpretação dos dados e a tomada de decisões clínicas são aspectos críticos na implementação de sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais, exigindo uma combinação de tecnologia avançada e expertise clínica para melhorar os resultados de saúde materno-fetal (Bobrova et al., 2021).

A capacidade de prever a janela fértil e a menstruação pode ajudar casais que desejam conceber a otimizar o momento da relação sexual, aumentando suas chances de gravidez. No entanto, há desafios associados ao uso desses sistemas. A precisão dos modelos de predição depende da qualidade e da quantidade dos dados disponíveis, bem como da capacidade dos algoritmos em capturar a complexidade dos processos fisiológicos envolvidos. A integração dessas tecnologias nos cuidados obstétricos tradicionais requer considerações éticas, regulatórias e de segurança (Yu et al., 2022).

Os benefícios, como também é possível observar no estudo "Smart Fetal Care", incluem a capacidade de monitorar a saúde fetal de forma contínua, não intrusiva e sem restrições de tempo ou local, superando as limitações dos métodos convencionais que dependem de consultas

clínicas e equipamentos especializados, como evidenciado na Figura 1, adaptada do trabalho de Arsenio et al. (2012), há uma clara mudança de paradigma na monitorização perinatal. Anteriormente restrito e ocasional, o monitoramento agora se tornou flexível e remoto, como resultado dos avanços tecnológicos na área. A tecnologia permite uma avaliação quantitativa da saúde da gravidez, aumentando a precisão na detecção de movimentos fetais e contrações uterinas e fornecendo alertas em tempo real sobre possíveis anomalias. Isso pode reduzir significativamente os riscos de complicações obstétricas e neonatais, além de diminuir a carga de trabalho dos profissionais de saúde e melhorar a qualidade do atendimento pré-natal. No entanto, desafios incluem garantir a precisão e confiabilidade dos sensores e algoritmos em diversas condições de uso, a necessidade de validação clínica extensiva para confirmar a eficácia e segurança do sistema, e questões relacionadas à privacidade e segurança dos dados, especialmente ao lidar com informações sensíveis de saúde (You et al., 2019).

Figura 5 - Mudança de paradigma na monitorização perinatal

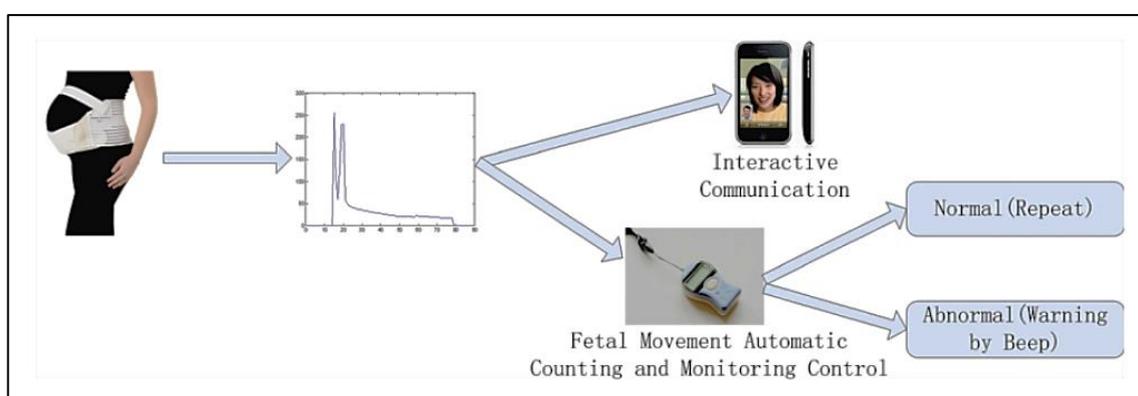


Fonte: Adaptado de (Arsenio et al., 2012).

Os métodos tradicionais de monitorização fetal, como a cardiotocografia externa e interna, são ativos, restritivos e oferecem apenas uma visão limitada da saúde fetal. Em contraste, o uso do eletrocardiograma fetal (fECG) transabdominal oferece uma série de benefícios significativos. Primeiramente, o fECG permite a monitorização contínua, passiva e não invasiva da frequência cardíaca fetal. Isso significa que não é necessário interromper as atividades da mãe ou realizar procedimentos invasivos para obter informações sobre a saúde do feto. Além disso, o fECG utiliza componentes eletrônicos de baixo custo e eletrodos padrão de ECG, o que reduz os custos associados à monitorização fetal em comparação com os métodos tradicionais. Essa redução de custos pode tornar a monitorização fetal mais acessível e amplamente disponível para gestantes em diferentes contextos de cuidados de saúde. Outro benefício importante é a capacidade do fECG de permitir a monitorização ambulatorial de longo prazo. Isso significa que as gestantes podem ser monitoradas continuamente ao longo de toda a

gravidez, mesmo quando estão em casa ou em outras atividades diárias. Essa vigilância contínua pode ajudar na detecção precoce de quaisquer anomalias na frequência cardíaca fetal ou outros sinais de risco obstétrico, permitindo intervenções precoces e melhorando os resultados maternos e neonatais. Além disso, a conectividade à Internet possibilita a transmissão instantânea de informações sobre a frequência cardíaca fetal e alertas em caso de detecção de dinâmica anômala, o que pode facilitar intervenções rápidas e oportunas, independentemente da localização da gestante, é possível observar esse modelo de fluxo na figura 6 (You et al., 2019).

Figura 6 - Estrutura do sistema de monitoramento fetal inteligente



Fonte: (You et al. 2019).

Portanto, embora a implementação de sistemas inteligentes na prática obstétrica tenha o potencial de transformar os cuidados perinatais, melhorando a detecção e gestão de riscos obstétricos e neonatais, é crucial abordar os desafios relacionados à interpretação de dados, integração tecnológica, validação clínica e considerações éticas e regulatórias. A combinação de avanços tecnológicos com a expertise clínica pode efetivamente melhorar os resultados de saúde materno-fetal, proporcionando um atendimento mais personalizado e eficiente (Bobrova et al., 2021; Yu et al., 2022; Dijaya et al., 2019; You et al., 2019).

3.3 Resposta QP3

- **QP3:** Como os sistemas inteligentes podem auxiliar na identificação precoce de complicações gestacionais e na tomada de decisão clínica ao longo da jornada pré e perinatal?

A utilização de sistemas inteligentes no monitoramento gestacional tem se mostrado uma abordagem promissora para a identificação precoce de complicações e para o suporte à tomada de decisão clínica, superando algumas limitações dos métodos tradicionais. Segundo Venkatasubramanian (2022), o monitoramento fetal utilizado pela maioria dos hospitais ainda apresenta deficiências significativas, como a dificuldade no compartilhamento de informações e a inadequação para armazenamento dos dados, que muitas vezes são impressos e fáceis de perder. Além disso, o compartilhamento de informações e conselhos de diversos profissionais pode não ser oportuno, dificultando a realização de tarefas médicas e atrasando o diagnóstico de doenças, resultando em possíveis acidentes médicos.

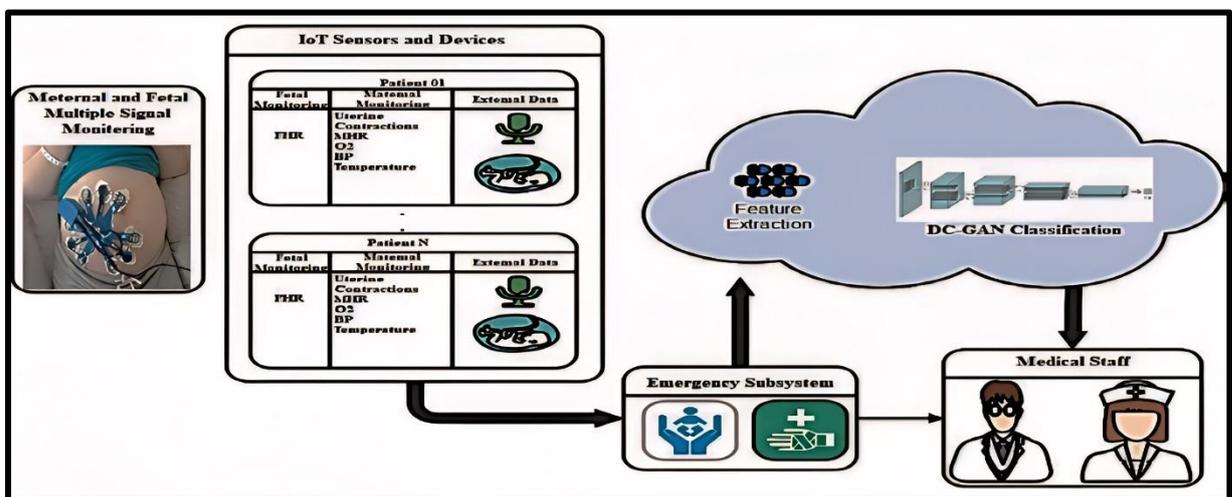
Os métodos tradicionais de monitoramento, embora sejam seguros e amplamente praticados, apresentam desafios significativos, especialmente no que diz respeito à resposta rápida em situações de emergência e ao monitoramento contínuo da saúde materna e fetal. Esses métodos dependem frequentemente da presença física da gestante no hospital e da intervenção direta dos profissionais de saúde para a interpretação dos dados coletados. Em contrapartida, os sistemas inteligentes e integrados oferecem soluções mais eficazes para esses problemas. Esses sistemas utilizam dispositivos e sensores de Internet das Coisas (IoT) para a coleta contínua de dados vitais da mãe e do feto, que são então processados em tempo real por um sistema de computação em neblina, utilizando regras de inferência para identificar emergências e notificar imediatamente a equipe médica. Além disso, os dados são armazenados na nuvem, onde técnicas avançadas de processamento de sinais são aplicadas para a extração de características e a classificação do estado de saúde materno-fetal usando um modelo DCGAN (Deep Convolution Generative Adversarial Network). Esse modelo não só melhora a precisão diagnóstica, mas também fornece suporte de diagnóstico para os profissionais de saúde, permitindo uma análise mais detalhada e precisa (Venkatasubramanian, 2022).

A integração de dispositivos médicos e sensores com sistemas de computação em neblina e nuvem garante um monitoramento contínuo e abrangente, crucial para a detecção precoce de complicações gestacionais. Além disso, a utilização de alarmes de emergência automatizados e a análise preditiva de dados oferecem uma camada adicional de segurança, mitigando os riscos de emergências obstétricas não detectadas a tempo. Em suma, os sistemas inteligentes de monitoramento gestacional representam uma evolução significativa em relação aos métodos tradicionais, proporcionando uma coleta e análise de dados mais robusta, eficiente e contínua. A capacidade de responder rapidamente a emergências, juntamente com o suporte

avançado à decisão clínica, posiciona esses sistemas como ferramentas essenciais para melhorar os resultados de saúde materna e fetal.

Conforme ilustrado abaixo na Figura 7 do estudo, a estrutura proposta envolve a geração de dados por dispositivos IoT, que são então transmitidos para um subsistema de emergência para a identificação de qualquer sofrimento fetal. Caso uma emergência seja detectada, a equipe médica é informada imediatamente. Após isso, os dados são transferidos para a nuvem, onde ocorre o processamento das características e a predição do estado de saúde materno-fetal por meio do modelo DCGAN, apoiando os diagnósticos médicos e fornecendo os resultados aos profissionais de saúde para análise posterior (Venkatasubramanian, 2022).

Figura 7 - Fluxo da estrutura proposta para o monitoramento gestacional inteligente



Fonte: VENKATASUBRAMANIAN, 2022.

Na área da medicina perinatal, avanços tecnológicos têm desempenhado um papel vital na melhoria da monitorização fetal e na detecção precoce de complicações gestacionais. O estudo conduzido por Baldazzi et al. (2023) destaca a aplicação de abordagens baseadas em machine learning na avaliação da qualidade do sinal (SQA) de gravações abdominais multicanais não invasivas. Utilizando um classificador de árvore em ensemble, os pesquisadores identificaram os canais mais eficazes para a detecção aprimorada de QRS fetal e reduziram significativamente o consumo de energia em monitores ECG fetais em tempo real. Essa metodologia não apenas permite a identificação dos canais mais informativos em gravações de alta densidade, mas também se mostra útil em cenários onde as gravações não fornecem informações sobre a apresentação fetal, podendo lidar com mudanças substanciais na mesma, especialmente durante os estágios iniciais da gravidez (BALDAZZI et al., 2023).

O estudo conduzido por Esteban-Escañó et al. (2021) teve como objetivo principal desenvolver modelos de aprendizado de máquina para prever acidemia neonatal a partir de características do sinal cardíaco fetal, utilizando registros de monitoramento eletrônico fetal (EFM). Realizado como uma análise caso-controle retrospectiva com 378 recém-nascidos no Hospital Universitario Miguel Servet, Espanha, o estudo definiu acidemia neonatal como pH arterial umbilical inferior a 7,10. Os resultados destacaram o modelo de random forest como o mais eficaz na predição da acidemia, com uma área sob a curva característica de operação do receptor (AUC) de 0,865, indicando uma boa capacidade de discriminação entre os casos acidóticos e não acidóticos. A área sob a curva (AUC) é uma medida da capacidade de um modelo de classificação distinguir entre duas classes. Um valor de AUC próximo a 1 indica um modelo com alta capacidade de discriminação. Ao adotar um ponto de corte de 33% de probabilidade de acidemia, o modelo conseguiu prevenir 46% das cesarianas desnecessárias, enquanto apenas 5% dos casos acidóticos foram perdidos. Essa descoberta é crucial no cenário obstétrico, onde cesarianas desnecessárias podem aumentar os riscos tanto para a gestante quanto para o feto, além de implicar em custos adicionais e recuperação prolongada para a mãe. Além disso, evitando cesarianas desnecessárias, o modelo contribuiu para a redução da medicalização do parto, promovendo uma abordagem mais centrada na mulher e respeitosa ao processo fisiológico do parto.

Quanto às tecnologias empregadas, o estudo utilizou registros de monitoramento eletrônico fetal (EFM), que consistem em um supervisor de atividade fetal Corometrix 256CX, equipado com dois sensores: um transdutor ultrassônico para capturar a atividade cardíaca fetal e um transdutor TOCO (tocotonometer) para capturar a atividade uterina. Esses sinais são analisados continuamente por obstetras durante o processo de parto antes do nascimento. A partir desses registros, foram extraídas variáveis relacionadas ao sinal cardíaco fetal, como duração e profundidade de desacelerações, e essas variáveis foram utilizadas para construir os modelos de aprendizado de máquina. O modelo de random forest, em particular, mostrou-se robusto na previsão da acidemia neonatal, fornecendo uma ferramenta prática para auxiliar os profissionais de saúde na tomada de decisões durante o parto. Portanto, o estudo não apenas apresenta avanços significativos na predição de riscos obstétricos e neonatais, mas também demonstra como a aplicação de sistemas inteligentes pode ter um impacto positivo no cenário da obstetrícia, reduzindo cesarianas desnecessárias e promovendo uma abordagem mais segura e centrada na mulher durante o parto (Esteban-Escañó et al., 2021).

As tecnologias de monitoramento avançadas desempenham um papel crucial no suporte à tomada de decisão clínica. Elas fornecem aos profissionais de saúde uma avaliação objetiva e baseada em dados da saúde materno-fetal, ajudando-os a interpretar os sinais vitais e a tomar decisões informadas sobre o curso do tratamento. Por exemplo, os algoritmos avançados de análise de dados podem fornecer insights sobre a gravidade das complicações, prever o risco de resultados adversos e recomendar estratégias de manejo personalizadas para cada paciente. Essas informações são essenciais para garantir a segurança e o bem-estar tanto da mãe quanto do feto/neonato durante todo o processo perinatal. Além disso, facilitam a comunicação e a colaboração entre os membros da equipe de saúde, permitindo o compartilhamento rápido e eficiente de informações entre obstetras, neonatologistas, enfermeiras e outros profissionais envolvidos no cuidado de ambos os pacientes. Isso promove uma abordagem multidisciplinar e coordenada para o manejo de complicações, resultando em melhores resultados de saúde para ambos (Bobrova et al., 2021).

Os sistemas inteligentes descritos no estudo "Smart Fetal Care" auxiliam na identificação precoce de complicações gestacionais por meio de uma combinação de sensores avançados e algoritmos de análise de dados. O pad de sensores detecta movimentos fetais e contrações uterinas de maneira contínua e precisa, enquanto o módulo de controle processa esses dados em tempo real, utilizando técnicas como aprendizado profundo e ensemble learning para extrair características relevantes e detectar padrões de anomalias. Isso permite uma monitorização constante e a emissão de alertas imediatos caso ocorram sinais de problemas, facilitando intervenções precoces. O suporte à decisão clínica é aprimorado pelo software de análise, que fornece avaliações quantitativas detalhadas e recomendações baseadas em dados, permitindo que os profissionais de saúde tomem decisões informadas rapidamente. Além disso, a integração com um aplicativo móvel oferece às gestantes uma ferramenta prática para acompanhar a saúde fetal e comunicar-se com os profissionais de saúde, melhorando a coordenação do cuidado e a resposta a emergências (You et al., 2019).

Os benefícios dos sistemas inteligentes na jornada perinatal são notáveis devido à sua capacidade de fornecer uma monitorização contínua e detalhada da saúde materno-fetal. Ao integrar dispositivos portáteis de monitorização fetal, como os baseados em eletrocardiografia fetal (fECG), com algoritmos avançados de aprendizado de máquina, esses sistemas permitem uma análise em tempo real de múltiplos parâmetros biométricos, incluindo frequência cardíaca fetal, atividade uterina e variações da frequência cardíaca fetal. Essa análise detalhada pode identificar precocemente sinais de comprometimento fetal, como hipóxia ou acidose, e indicar

a necessidade de intervenções médicas imediatas para evitar complicações obstétricas graves. Além disso, a capacidade dos sistemas inteligentes de integrar dados biométricos com informações clínicas, como histórico médico da gestante e resultados de exames laboratoriais, permite uma avaliação abrangente do status de saúde materno-fetal proporcionando assim uma experiência mais segura e tranquilizadora para as gestantes e suas famílias ao longo do processo gestacional (Arsenio et al., 2012). Ademais podem auxiliar na identificação precoce de complicações gestacionais por meio da análise contínua de dados fisiológicos maternos (Yu et al., 2022). Por exemplo, variações anormais na temperatura basal do corpo (BBT) e na frequência cardíaca (HR) podem indicar a presença de condições como pré-eclâmpsia ou restrição de crescimento fetal. Ao detectar esses padrões, os sistemas inteligentes podem alertar os profissionais de saúde para intervenções precoces, como monitoramento mais frequente ou tratamento médico. Além disso, a previsão da janela fértil e da menstruação pode facilitar o planejamento da gravidez e a tomada de decisão clínica durante a jornada perinatal. Por exemplo, casais que estão tentando conceber podem usar essa informação para otimizar o momento da relação sexual, enquanto os profissionais de saúde podem utilizar esses dados para monitorar o progresso da gravidez e planejar intervenções pré-natais adequadas. Essa abordagem personalizada e baseada em dados pode melhorar os resultados maternos e neonatais, além de aumentar a satisfação do paciente e a eficiência dos serviços de saúde (Stroux, L., et al., 2016).

Além disso, com base nos dados coletados e analisados, os sistemas de suporte à decisão clínica podem fornecer recomendações específicas para o tratamento, auxiliando os profissionais de saúde a escolher a melhor abordagem terapêutica. A integração com EMRs e outras plataformas de saúde permite uma visão holística do histórico médico do paciente, facilitando a coordenação do cuidado entre diferentes níveis de atendimento. Em resumo, os sistemas inteligentes têm o potencial de revolucionar a monitorização perinatal, oferecendo detecção precoce de complicações, suporte aprimorado à tomada de decisão clínica e melhor coordenação do cuidado, embora enfrentem desafios significativos que precisam ser abordados para sua implementação eficaz e sustentável (Stroux, L., et al., 2016).

A integração de redes de sensores sem fio e dispositivos vestíveis conectados à Internet é essencial para a monitorização personalizada da saúde durante a gestação. As redes de sensores sem fio consistem em dispositivos autônomos equipados com sensores para coletar dados sobre variáveis como temperatura, pressão arterial e frequência cardíaca, transmitindo essas informações para uma estação base por meio de tecnologias como Bluetooth ou Wi-Fi.

Os dispositivos vestíveis, por sua vez, são equipamentos eletrônicos usados pela gestante para coletar dados sobre sua saúde e atividade física, incluindo sensores de movimento, frequência cardíaca e oximetria de pulso. Ambas as tecnologias permitem a coleta contínua de dados, que são analisados por algoritmos de aprendizado de máquina para identificar padrões ou anomalias que possam indicar riscos obstétricos ou complicações gestacionais. Essa abordagem oferece uma solução abrangente e eficaz para monitorar a saúde durante a gestação, permitindo a identificação precoce de problemas e apoiando a tomada de decisões clínicas para garantir a saúde materna e fetal (Moreira et al., 2020). A união dessas redes e dispositivos vestíveis na monitorização da saúde gestacional representa um avanço significativo, fornecendo uma visão detalhada e em tempo real do estado físico e fisiológico da gestante. Os sensores sem fio, que empregam tecnologias como sensores de pressão, temperatura e eletrocardiograma, convertem sinais físicos em elétricos, transmitindo-os para uma estação central onde são analisados por algoritmos de aprendizado de máquina (ML). Esses algoritmos reconhecem padrões nos dados, permitindo a detecção precoce de complicações, como pré-eclâmpsia e diabetes gestacional. Por outro lado, os dispositivos vestíveis, como pulseiras inteligentes, relógios e patches de monitoramento, oferecem uma maneira não invasiva de coletar dados biométricos continuamente. Equipados com uma variedade de sensores, como acelerômetros e fotopletismografia (PPG) para medir a frequência cardíaca, esses dispositivos capturam parâmetros fisiológicos, como padrões de sono e níveis de atividade física, transmitindo-os para análise por algoritmos de ML. Essa combinação de tecnologias permite uma abordagem holística e proativa para o monitoramento da saúde durante a gestação, fornecendo insights valiosos aos profissionais de saúde e promovendo uma gravidez mais segura e saudável (Moreira et al., 2020).

Um estudo conduzido por Marques, J. A. L., et al. (2021) foca em um sistema de monitoramento de pacientes de alto risco hospitalares e adota uma abordagem tecnológica avançada, baseada em uma rede de sensores e dispositivos IoT integrados a uma arquitetura de computação em névoa. A coleta de dados é realizada por meio de 50 parâmetros de entrada provenientes de sinais vitais maternos e fetais, garantindo uma ampla gama de informações para análise. Um dos destaques deste sistema é seu subsistema de diagnóstico de emergência, que utiliza um conjunto de regras de inferência para identificar estados críticos tanto na saúde da mãe quanto do feto, alcançando taxas de precisão superiores a 90%. Estas regras foram validadas por especialistas médicos, atestando sua confiabilidade e eficácia. Além disso, foram desenvolvidos 15 parâmetros para processamento da frequência cardíaca fetal (FHR) e 30

parâmetros para monitoramento dos sinais vitais maternos, utilizando critérios científicos rigorosos para garantir a relevância clínica das informações obtidas. Na fase de análise de dados, foram implementadas e avaliadas diversas arquiteturas de redes neurais convolucionais (CNN) para prever o estado de saúde materno e fetal. A melhor configuração identificada foi uma CNN 1-D com seis camadas convolucionais e janelas de 10 segundos para entrada de dados, demonstrando resultados promissores para todas as condições avaliadas. Em resumo, este sistema representa uma solução tecnológica robusta e inovadora para o monitoramento contínuo de pacientes de alto risco em ambiente hospitalar. Sua ênfase na coleta, análise e interpretação de dados em tempo real permite uma intervenção precoce e eficaz em situações críticas, contribuindo para uma melhoria significativa na qualidade do cuidado intensivo (Marques et al., 2021).

Na análise realizada por Sarhaddi et al. (2023) investigou a detecção de solidão social materna usando sensoriamento passivo por meio do monitoramento contínuo em configurações cotidianas. Os autores destacaram a importância da solidão materna, que está associada a resultados adversos de saúde física e mental tanto para a mãe quanto para o seu filho. Ao utilizar dispositivos vestíveis e sensoriamento passivo, os pesquisadores buscaram oportunidades para prevenir ou reduzir o impacto da solidão na saúde e no bem-estar da mãe e do bebê. Durante o estudo longitudinal, foram coletados dados fisiológicos e comportamentais de 31 mulheres durante a gravidez e o período pós-parto. Os participantes completaram o questionário de solidão da Universidade da Califórnia, Los Angeles (UCLA), e os dados de seus *smartwatches* foram utilizados para prever a solidão materna. Os resultados mostraram que modelos de aprendizado de máquina, como árvores de decisão e *boosting* de gradiente, foram capazes de prever a solidão social materna com alta precisão. Além disso, o estudo revelou que a solidão estava fortemente associada à intensidade e distribuição da atividade física durante o dia, bem como à frequência cardíaca em repouso e à variabilidade da frequência cardíaca. Esses parâmetros fisiológicos foram identificados como preditores importantes de solidão materna. A análise dos dados mostrou que padrões específicos de atividade física e sinais fisiológicos podem ser indicadores significativos de solidão durante a gravidez e o pós-parto. Esses resultados destacam o potencial das tecnologias de sensoriamento passivo e modelos de aprendizado de máquina na detecção precoce e prevenção da solidão materna. Ao fornecer insights sobre os fatores associados à solidão, essas abordagens podem orientar intervenções direcionadas para melhorar o bem-estar das mães e de seus filhos. A utilização de dispositivos

vestíveis e análises preditivas representa uma nova e promissora fronteira no cuidado perinatal, oferecendo oportunidades para intervenções personalizadas e eficazes (Sarhaddi et al., 2023).

Esses avanços tecnológicos na área perinatal estão redefinindo a maneira como compreendemos e cuidamos da saúde materna e fetal. Desde a detecção precoce de complicações até a prevenção da solidão materna, essas inovações estão proporcionando uma abordagem mais proativa, personalizada e eficaz para o acompanhamento da gestação e do pós-parto. Com a contínua evolução dessas tecnologias e sua integração cada vez maior na prática clínica, podemos esperar melhorias significativas nos resultados de saúde e no bem-estar tanto das mães quanto de seus filhos.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os estudos revisados abordam uma ampla gama de métodos, técnicas e arquiteturas empregados no campo da monitorização perinatal, destacando a evolução tecnológica e as inovações que têm impactado positivamente a saúde materna e fetal. Essa análise revela um cenário dinâmico e diversificado, com várias vertentes investigativas que buscam aprimorar o cuidado perinatal. A seguir, há uma discussão detalhada das questões norteadoras do estudo à luz dos artigos revisados.

QP1: Quais métodos, técnicas e arquiteturas têm sido empregados em investigações relacionadas ao uso de sistemas inteligentes na monitorização perinatal?

Os métodos, técnicas e arquiteturas utilizados na monitorização perinatal têm se diversificado, abrangendo desde análises de sinais fisiológicos até a implementação de redes neurais profundas e sistemas de sensoriamento com IoT. Nsugbe et al. (2021), por exemplo, exploram a predição de partos prematuros através da integração de sinais fisiológicos e registros médicos, utilizando métodos de baixa dimensionalidade para melhorar a precisão das previsões. Essa abordagem não apenas ilustra a aplicação eficaz de técnicas de *machine learning* como SVM e árvores de decisão, mas também enfatiza a necessidade contínua de refinamento e adaptação desses modelos para contextos clínicos específicos.

Outro exemplo notável é a abordagem de Lo et al. (2021) com a *Cross Attention Squeeze Excitation Network* (CASE-Net), que utiliza redes neurais convolucionais (CNNs) para segmentação de imagens de ressonância magnética fetal. Esta metodologia não só melhora a precisão do diagnóstico por imagem, mas também demonstra como as redes neurais podem ser adaptadas para tarefas específicas no campo da saúde perinatal.

Venkatasubramanian (2022) explora o uso de *Deep Convolutional Generative Adversarial Networks* (DCGAN) e *ensemble machine learning* para a monitorização ambulatorial, ilustrando a aplicação de métodos avançados de aprendizado profundo para o acompanhamento contínuo da gravidez. Este uso de tecnologias inteligentes para monitorar a saúde materna e fetal em tempo real é um avanço significativo, permitindo intervenções mais rápidas e precisas.

Além disso, a avaliação automática da qualidade do sinal de registros *biopotenciais transabdominais* para a eletrocardiografia fetal não invasiva, conforme descrito por Baldazzi et al. (2023), enfatiza a necessidade de dados precisos e confiáveis para diagnósticos acurados. Técnicas de seleção de características e aprendizado supervisionado são essenciais para melhorar a eficácia da classificação dos sinais fetais.

QP2: Quais são os benefícios e desafios associados ao uso de sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais?

Os benefícios dos sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais são numerosos. Eles oferecem a possibilidade de prever partos prematuros (Nsugbe et al., 2021), facilitam a intervenção precoce e proporcionam um cronograma mais preciso para o parto, melhorando significativamente os desfechos perinatais. Sadovsky et al. (2020) enfatizam que a gravidez é uma janela crucial para descobertas médicas, permitindo intervenções que podem impactar a saúde materna e fetal a longo prazo.

Sistemas como o desenvolvido por Esteban-Escañó et al. (2021), que utilizam algoritmos de aprendizado de máquina para prever acidemia, demonstram o potencial da inteligência artificial em identificar condições críticas antes que se tornem severas. Essa capacidade de previsão é crucial para reduzir complicações e melhorar os cuidados durante o parto.

No entanto, os desafios são igualmente significativos. A confiabilidade e precisão dos modelos preditivos são questões centrais. Nsugbe et al. (2021) e Venkatasubramanian (2022) destacam a necessidade de dados de alta qualidade e a complexidade de integrar esses sistemas na prática clínica. A diversidade e inclusão de dados, conforme apontado por Sadovsky et al. (2020), são essenciais para desenvolver modelos que sejam representativos e úteis em diferentes contextos clínicos.

Além disso, a integração eficaz desses sistemas na prática clínica exige consideração de fatores éticos, como a privacidade dos dados e a aceitação por parte dos profissionais de saúde e pacientes. Adu-Amankwah et al. (2022) e Ettiyan e Geetha (2023) discutem a necessidade de validação clínica rigorosa e a importância de garantir que os sistemas sejam intuitivos e confiáveis para os usuários finais.

QP3: Como os sistemas inteligentes podem auxiliar na identificação precoce de complicações gestacionais e na tomada de decisão clínica ao longo da jornada pré e perinatal?

Os sistemas inteligentes são ferramentas poderosas na identificação precoce de complicações gestacionais. Justin Lo et al. (2021) demonstram que métodos avançados de análise de imagens, como a segmentação automática de ressonância magnética fetal, podem reduzir significativamente o tempo e o custo necessário para diagnósticos precisos, melhorando os cuidados clínicos.

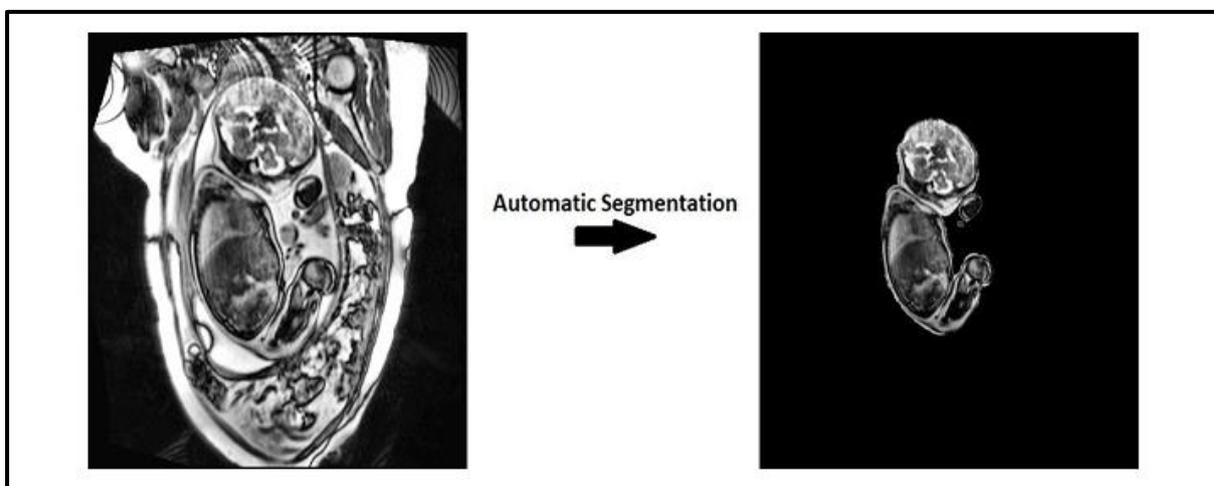
Altini et al. (2016) mostram que a análise de dados de acelerômetros para detectar padrões de movimento fetal pode identificar precocemente complicações gestacionais, fornecendo informações objetivas que suportam a tomada de decisão clínica. A análise contínua de dados fisiológicos, conforme discutido por Lindahl et al. (2019), permite detectar padrões anormais e gerar alertas automáticos, contribuindo para a redução de erros clínicos e melhorando os resultados de saúde.

Sistemas como o proposto por Zakaria et al. (2018), que utilizam sensores acelerômetros para registrar movimentos fetais, fornecem um monitoramento contínuo e detalhado. Esta abordagem não apenas melhora a qualidade do cuidado perinatal, mas também oferece insights valiosos para intervenções precoces.

Adu-Amankwah et al. (2022) ressaltam a importância dos sistemas inteligentes na análise de sinais cardiotocográficos para identificar padrões anormais, fornecendo suporte à tomada de decisão baseada em evidências. A integração de algoritmos de aprendizado de máquina, como destacado por Ettiyan e Geetha (2023), pode prever riscos obstétricos e neonatais, fornecendo alertas precoces que melhoram os resultados de saúde materna e neonatal.

No entanto, é crucial considerar a variabilidade e as ocorrências aleatórias nos conjuntos de dados biomédicos. Lo et al. (2021) e Altini et al. (2016) abordam a necessidade de modelos robustos que possam lidar com essa variabilidade, garantindo que os sistemas inteligentes sejam eficazes em diferentes cenários clínicos. A Figura 8 apresenta um exemplo de aplicação de segmentação automática de dados de ressonância magnética para diagnóstico clínico.

Figura 8 - Exemplo de Aplicação de Segmentação Automática de Dados de Ressonância Magnética para Diagnóstico Clínico



Fonte: Adaptado de (Lo et al., 2021).

A interpretação correta dos resultados gerados pelos algoritmos, a segurança e privacidade dos dados, e a aceitação por parte dos profissionais de saúde e pacientes são questões críticas. Andrade et al. (2012) e Yu et al. (2022) discutem a importância de sistemas intuitivos e confiáveis que possam ser facilmente integrados na prática clínica.

Discussões e Perspectivas Futuras

A discussão sobre a acurácia dos modelos preditivos ressalta um desafio significativo: garantir que as previsões sejam robustas o suficiente para orientar intervenções médicas oportunas sem incorrer em alarmes falsos, o que pode comprometer a confiança no sistema. Este ponto é destacado por Nsugbe et al. (2021) e é um tema recorrente em outras pesquisas, como a de Venkatasubramanian (2022), que explora as dificuldades associadas à implementação de tecnologias inteligentes em ambientes clínicos complexos.

Sadovsky et al. (2020) ampliam o escopo ao considerar a gravidez não apenas como um período de vulnerabilidade, mas também como uma oportunidade única para descobertas médicas significativas. Eles advogam por uma abordagem integrativa que não apenas englobe dados multiômicos da mãe e do feto, mas também leve em conta fatores sociais, psicológicos e ambientais na análise de risco perinatal. Esta discussão abre espaço para um debate sobre a complexidade da integração de dados heterogêneos e a necessidade de algoritmos adaptáveis que possam lidar com a variabilidade natural dos dados clínicos.

A confiabilidade dos dados coletados por dispositivos IoT, a segurança da informação e a interoperabilidade dos sistemas são temas críticos abordados por Venkatasubramanian (2022). A implementação de diretrizes regulatórias claras e protocolos robustos de privacidade é essencial para proteger tanto os pacientes quanto os profissionais de saúde. Esse é um aspecto fundamental para a aceitação e sucesso das inovações tecnológicas na prática clínica diária.

Baldazzi et al. (2023) contribuem com uma perspectiva específica ao abordar a avaliação automática da qualidade dos sinais de registros biopotenciais transabdominais para eletrocardiografia fetal não invasiva. Eles enfatizam a importância crítica da precisão diagnóstica na seleção de características relevantes e na aplicação de técnicas de aprendizado supervisionado para melhorar a eficácia dos processos de classificação. Este ponto destaca um desafio técnico substancial: a necessidade de reduzir o ruído nos sinais fisiológicos captados, garantindo assim que as decisões clínicas baseadas em dados sejam precisas e confiáveis.

Lindahl et al. (2019) e Zakaria et al. (2018) complementam a discussão ao enfatizar a importância do contexto na eficácia da monitorização perinatal. Enquanto Lindahl et al. (2019) examina como orientações contextuais podem melhorar a adesão ao auto-monitoramento da pressão arterial, Zakaria et al. (2018) discutem a implementação de sistemas de sensores para registrar movimentos fetais em ambientes variados. Esses estudos sublinham a necessidade de adaptabilidade das tecnologias de monitorização perinatal para diferentes populações e infraestruturas de saúde, ressaltando a importância de uma abordagem contextualizada e personalizada no desenvolvimento e implementação de sistemas inteligentes.

Esteban-Escano et al. (2021) destacam o potencial transformador das técnicas de aprendizado de máquina em predições de condições críticas como a acidemia. Eles discutem os avanços em técnicas de imputação de dados e *machine learning* como elementos essenciais para aprimorar a precisão diagnóstica e permitir intervenções mais rápidas e eficazes. Esta discussão se alinha com a necessidade de um desenvolvimento contínuo de algoritmos preditivos, capazes de lidar com a diversidade e complexidade dos dados perinatais, como apontado por Andrade et al. (2012) e Yu et al. (2022).

A análise crítica dos estudos revela um cenário de avanços promissores e desafios significativos na implementação de sistemas inteligentes na monitorização perinatal. A adoção bem-sucedida dessas tecnologias depende de um equilíbrio delicado entre inovação técnica, segurança de dados, aceitação clínica e a criação de um ambiente regulatório favorável. As

perspectivas futuras indicam que a pesquisa contínua e o desenvolvimento de modelos preditivos mais robustos, integrados a uma infraestrutura de dados segura e interoperável, serão fundamentais para a melhoria dos cuidados perinatais.

Conclusão

A análise dos estudos revisados revela um panorama diversificado e dinâmico no campo da monitorização perinatal, onde inovações tecnológicas e metodológicas estão impulsionando avanços significativos na saúde materna e fetal. Os métodos, técnicas e arquiteturas discutidos ilustram o potencial transformador dos sistemas inteligentes, ao mesmo tempo em que destacam os desafios associados à sua implementação prática.

Os benefícios dos sistemas inteligentes na predição de riscos obstétricos e neonatais são claros, oferecendo potencial para intervenções precoces e melhorias nos cuidados perinatais. No entanto, a confiabilidade e precisão dos modelos preditivos, bem como a integração eficaz desses sistemas na prática clínica, permanecem desafios críticos que precisam ser abordados.

A identificação precoce de complicações gestacionais e o suporte à tomada de decisão clínica são áreas onde os sistemas inteligentes demonstram grande potencial. Estudos como os de Lo et al. (2021) e Altini et al. (2016) mostram como a análise de dados avançada pode fornecer insights valiosos para intervenções clínicas mais precisas e oportunas.

Para o futuro, é essencial que a pesquisa continue a focar na melhoria dos modelos preditivos, na garantia da segurança e privacidade dos dados, e na criação de sistemas que sejam facilmente integrados e aceitos na prática clínica. A colaboração entre pesquisadores, clínicos e desenvolvedores de tecnologia será crucial para enfrentar os desafios e maximizar os benefícios dos sistemas inteligentes na monitorização perinatal.

5 CONCLUSÃO

A jornada perinatal, que abrange o período que vai desde a concepção até o primeiro mês de vida do feto/neonato, apresenta uma série de desafios únicos que exigem abordagens inovadoras para garantir o bem-estar tanto da mãe quanto do feto/neonato. Durante esse período crítico, a monitorização contínua e a tomada de decisão médica precisa e oportuna desempenham um papel fundamental na identificação precoce de complicações e na implementação de intervenções adequadas para garantir resultados de saúde favoráveis.

Os sistemas inteligentes, como a inteligência artificial, o aprendizado de máquina e a análise de *big data*, emergem como ferramentas promissoras que têm o potencial de revolucionar a maneira como a saúde materno-fetal é gerenciada. Essas tecnologias oferecem uma variedade de benefícios, incluindo maior precisão diagnóstica, predição de riscos obstétricos e neonatais, personalização de tratamentos e otimização de recursos hospitalares. Por exemplo, algoritmos de ML podem analisar grandes conjuntos de dados clínicos e identificar padrões sutis que podem passar despercebidos pelos profissionais de saúde, possibilitando uma intervenção precoce em situações de risco.

No entanto, o uso de sistemas inteligentes na jornada perinatal não está isento de desafios. Questões éticas, como privacidade dos dados e equidade no acesso aos cuidados, precisam ser cuidadosamente consideradas para garantir que essas tecnologias sejam utilizadas de forma responsável e justa. Além disso, desafios regulatórios, como a validação e aprovação de algoritmos de IA para uso clínico, e questões técnicas, como a interoperabilidade entre sistemas de saúde, também precisam ser abordados para garantir a segurança, eficácia e eficiência dessas ferramentas.

Após uma análise detalhada dos estudos abordados, torna-se evidente a vasta diversidade de métodos, técnicas e arquiteturas aplicadas na monitorização perinatal, cada uma delas contribuindo de maneira única para aprimorar o cuidado com gestantes e fetos. Os sistemas inteligentes, ao serem incorporados nesse contexto, oferecem uma série de benefícios significativos, desde a predição precoce de complicações até o suporte à tomada de decisão clínica, resultando em melhorias tangíveis nos desfechos de saúde tanto para mães quanto para bebês.

A investigação conduzida destaca a capacidade dos sistemas inteligentes em prever partos prematuros, proporcionando uma oportunidade crucial para intervenções médicas oportunas. Da mesma forma, ressalta a importância da integração de dados multiômicos para

uma estratificação mais precisa do risco perinatal, destacando a necessidade de uma abordagem abrangente na análise de dados.

Outrossim, a utilização de tecnologias avançadas ilustra o potencial dos sistemas inteligentes em melhorar a precisão e eficácia da monitorização perinatal. Enquanto destaca o uso de redes neurais para estimativa de peso fetal e classificação da frequência cardíaca fetal, apresentam uma abordagem para seleção automática de gravações abdominais mais informativas, visando melhorar a eficácia do processo de classificação.

A diversidade de abordagens também é observada na utilização de algoritmos de processamento de sinais, que destaca a aplicação de técnicas como retificação de onda e filtragem adaptativa para extrair sinais confiáveis dos dados fisiológicos. Da mesma forma, o estudo sobre a segmentação de imagens de ressonância magnética fetal demonstra a aplicação de arquiteturas baseadas em redes neurais para aprimorar a análise de dados de imagem na monitorização perinatal.

Contudo, os desafios associados à implementação eficaz desses sistemas não devem ser subestimados. Questões como a garantia da confiabilidade dos modelos preditivos, bem como a integração adequada na prática clínica, exigem uma abordagem cuidadosa e consideração ética. Ademais, obstáculos técnicos, como a baixa relação sinal-ruído em gravações de fECG, e questões relacionadas à qualidade do sinal e interpretação variável dos resultados, destacam a complexidade da implementação desses sistemas em um ambiente clínico.

No entanto, apesar dos desafios, a integração bem-sucedida de sistemas inteligentes na prática clínica oferece uma série de benefícios tangíveis. Desde a identificação precoce de complicações gestacionais até o suporte à tomada de decisão clínica baseada em evidências, os sistemas inteligentes têm o potencial de revolucionar o cuidado perinatal, resultando em melhores desfechos de saúde para mães e bebês.

Ante o exposto, a análise abrangente desses estudos revela não apenas a diversidade de abordagens tecnológicas e metodológicas aplicadas à monitorização perinatal, mas também o potencial significativo dos sistemas inteligentes em melhorar a qualidade do cuidado pré-natal e neonatal. A pesquisa contínua nesse campo é essencial para superar os desafios existentes e maximizar os benefícios oferecidos por essas tecnologias inovadoras, promovendo assim uma saúde materna e neonatal aprimorada.

Portanto, é crucial que futuras pesquisas se concentrem em preencher as lacunas de conhecimento identificadas e desenvolver soluções inovadoras que possam melhorar os resultados de saúde para mães e bebês durante a jornada perinatal. Isso inclui a realização de estudos clínicos robustos para avaliar a eficácia e segurança dessas tecnologias, bem

como o desenvolvimento de diretrizes e políticas que orientem sua implementação ética e responsável. Ao fazê-lo, podemos aproveitar todo o potencial dos sistemas inteligentes para promover uma jornada perinatal mais segura, eficaz e centrada no paciente.

6 REFERÊNCIAS

ADU-AMANKWAH, A.; BELLAD, M.B.; BENSON, A.M.; BEYUO, T.K.; BHANDANKAR, M.; CHARANTHIMATH, U.; CHISEMBELE, M.; et. al. **Limiting adverse birth outcomes in resource-limited settings (LABOR): protocol of a prospective intrapartum cohort study.** Gates Open Research, v. 6, 2022. DOI: 10.12688/gatesopenres.13716.2.

ALTINI, M.; MULLAN, P.; ROOIJAKKERS, M.; GRADL, S.; PENDERS, J.; GEUSENS, N.; GRIETEN, L.; ESKOFIER, B. **Detection of fetal kicks using body-worn accelerometers during pregnancy: Trade-offs between sensors number and positioning.** In: 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE, 2016. p. 5319-5322. DOI: 10.1109/EMBC.2016.7591928.

AL-YOUSIF, S.; NAJM, I.A.; TALAB, H.S.; HASAN, A. Q. N; ALFIRAS, M.; AL-RAWI, O.Y.; ET AL. **Intrapartum cardiotocography trace pattern pre-processing, features extraction and fetal health condition diagnoses based on RCOG guideline.** PeerJ Computer Science, v. 8, p. e1050, 2022. DOI: 10.7717/peerj-cs.1050.

AMARNATH, S.; SELVAMANI, M.; VARADARAJAN, V.. **Prognosis model for gestational diabetes using machine learning techniques.** Sensors and Materials, v. 33, n. 9, p. 3011-3025, 2021. DOI: 10.18494/SAM.2021.3119.

ANDRADE, J.; DUARTE, A.; ARSÉNIO, A.. **Social web for large-scale biosensors.** International Journal of Web Portals (IJWP), v. 4, n. 3, p. 1-19, 2012.

ANDREZ, J.S.P. **O desafio de sentir: um caminho para a promoção do desenvolvimento emocional na primeira infância.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora, Portugal, 2022.

BALDAZZI, G.; SULAS, E.; VULLINGS, R.; URRU, M.; TUMBARELLO, R.; RAFFO, L.; PANI, D. **Automatic signal quality assessment of raw trans-abdominal biopotential recordings for non-invasive fetal electrocardiography.** Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, v. 11, p. 1059119, 2023. DOI: 10.3389/fbioe.2023.1059119

BECKER, K., KUO, K., BLAŽEVIČIENĖ, A., & ŠIMONYTĖ, S. **Machine Learning Models for the Prediction of Preterm Birth: A Study Protocol.** JMIR Research Protocols, 2020.

BILAL, A. M.; FRANSSON, E.; BRANN, E.; ERIKSSON, A.; ZHONG, M.; GIDÉN, K.; ELOFSSON, U.; AXFORS, C.; SKALKIDOU, A.; PAPADOPOULOS, F. C. **Predicting perinatal health outcomes using smartphone-based digital phenotyping and machine learning in a prospective Swedish cohort (Mom2B): study protocol.** BMJ Open, v. 12, n. 4, e059033, abr. 2022. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-059033.

BOBROVA, Y. O.; KAPRANOVA, O. N.; FILIPENKO, K. V. **Method of fetal movement registration for remote monitoring systems.** In: International Youth Conference on Electronics, Telecommunications and Information Technologies: Proceedings of the YETI 2020, St. Petersburg, Russia. Springer International Publishing, 2021. p. 583-591.

BONNAL, A., LE GOFF, C., & SAUTRON, V. (2018). **Artificial intelligence in obstetrics and gynecology: current and potential roles.** European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology.

CHEN, X., WANG, Z., DUAN, K., ZHU, G. & LIANG L. (2019). **A Smart Clinical Decision Support System for Predicting Cesarean Section Delivery.** IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 1184-1194.

DAVIS, R., & THOMPSON, M. **Implementation factors affecting the effectiveness of remote monitoring systems in perinatology: a systematic review.** BMC Health Services Research, 2020.

DE ALMEIDA, Sivaldo Quirino et al. **Intervenções para a prática do cuidado centrado na criança e família.** Revista Recien-Revista Científica de Enfermagem, v. 13, n. 41, p. 461-469, 2023.

DE MOURA-FERREIRA, Maria Cristina et al. **Pré-natal de baixo risco na atenção básica: empecilhos e potencialidade**. Estudos Avançados sobre Saúde e Natureza, v. 39, 2024.

DIJAYA, R.; CHOLIFAH, C.; DJAUHAROH, D.; NISAK, U.; SYAHMINAN, S. **Visual cohort baby recording based on internet of things for maternal and child health service**. In: ABDULLAH, A. G. et al. (Eds.). Proceedings of the 4th Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC), 2019. Journal of Physics: Conference Series, v. 1402, article 077038, 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1402/7/077038.

EL-RASHIDY, Nora; ELSAYED, Nesma E.; EL-GHAMRY, Amir; TALAAT, Fatma M. **Utilizing fog computing and explainable deep learning techniques for gestational diabetes prediction**. Neural Computing and Applications, v. 35, n. 10, p. 7423-7442, abr. 2022.

ERICKSON, Elise N. et al. **Predicting labor onset relative to the estimated date of delivery using smart ring physiological data**. NPJ Digital Medicine, v. 6, n. 1, p. 153, 19 ago. 2023. DOI: 10.1038/s41746-023-00902-y.

ESTEBAN-ESCAÑO, Javier et al. **Machine learning algorithm to predict acidemia using electronic fetal monitoring recording parameters**. Entropy, v. 24, n. 1, p. 68, 2021.

ETTIYAN, Rajkumar; GEETHA, V. **Iod-Nets—An IoT based intelligent health care monitoring system for ambulatory pregnant mothers and fetuses**. Measurement: Sensors, v. 27, p. 100781, 2023.

ETTIYAN, Rajkumar; GEETHA, Vaithianathan. **Fast mask recurrent convolutional neural network for IoT-based maternal and fetal monitoring in high-risk pregnancies**. Revue d'Intelligence Artificielle, v. 37, n. 3, p. 807-816, jun. 2023.

FONG, Daniel D. et al. **Recovering the fetal signal in transabdominal fetal pulse oximetry**. Smart Health, v. 9-10, p. 23-36, dez. 2018. DOI: 10.1016/j.smhl.2018.07.011.

GOIS, F. N. D., SCHLICHTING, G. C., MONTIEL, L. D. J., LUCIANO FILHO, L. F., BARCELLOS, P. A. M., SIMÕES, A. B., & VETTORI, D. V. “Orientações do pré-natal inicial: 1º trimestre”. **Promoção e proteção da saúde da mulher**, ATM 2025/1. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina, 2022. p. 131-146. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/240325> . Acessado em: 20 de junho de 2024.

GUPTA, Palak et al. **A prototype for realtime monitoring of fetal health using a pressure sensitive material and sensor based belt**. In: Proceedings - IEEE 2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICACCCN 2018, Greater Noida, 12-13 out. 2018. p. 935-940. ISBN 978-153864119-4. DOI: 10.1109/ICACCCN.2018.8748760.

KODKIN, V. **Cardiotocography in Obstetrics: New Solutions for “Routine” Technology**. *Sensors*, 22, no. 14: 5126, 2022. DOI: 10.3390/s22145126

LIANG, S., PENG, J., XU, Y. **Passive fetal movement signal detection system based on intelligent sensing technology**. *Journal of healthcare engineering*, 2021. DOI: 10.1155/2021/1745292.

LINDAHL, C., WAGNER, S., ULDBJERG, N., SCHLÜTTER, J.M., BERTELSEN, O., SANDAGER, P., **Effects of context-aware patient guidance on blood pressure self-measurement adherence levels**. *Health Informatics Journal*, v. 25, n. 2, p. 417-428, 2019. DOI: 10.1177/1460458217717073.

LIU, Shing-Jiuan et al. **Recovering fetal signals transabdominally through interferometric near-infrared spectroscopy (iNIRS)**. *Biomedical Optics Express*, v. 14, n. 11, p. 6031-6047, 2023.

LO, Justin et al. **Cross attention squeeze excitation network (CASE-Net) for whole body fetal MRI segmentation**. *Sensors*, v. 21, n. 13, p. 4490, 2021.

MARQUES, Joao Alexandre Lobo; HAN, Tao; WU, Wanqing; MADEIRO, Joao Paulo do Vale; NETO, Aloisio Vieira Lira; GRAVINA, Raffaele; FORTINO, Giancarlo; DE

ALBUQUERQUE, Victor Hugo C. **IoT-Based Smart Health System for Ambulatory Maternal and Fetal Monitoring**. Journal of Internet of Things, v. 8, n. 23, p. 16814-16824, 1 dez. 2021. DOI: 10.1109/JIOT.2020.3037759.

MOORE, B., KAUR, S., & MAKROPOULOS, A. (2020). **Monitoramento remoto pós-natal: uma perspectiva sobre o potencial e as limitações**. Journal of Perinatology, 860-868.

MORALES, A.S., OURIQUE, F.D.O., CAZELLA, S.C. (2021). **A Comprehensive Review on the Challenges for Intelligent Systems Related with Internet of Things for Medical Decision**. In: Marques, G., Kumar Bhoi, A., de la Torre Díez, I., Garcia-Zapirain, B. (eds) Enhanced Telemedicine and e-Health. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 410. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70111-6_11

MOREIRA, Mario W. L.; RODRIGUES, Joel J. P. C.; OLIVEIRA, Antonio M. B.; SALEEM, Kashif. **Smart Mobile System for Pregnancy Care Using Body Sensors**. In: 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SELECTED TOPICS IN MOBILE & WIRELESS NETWORKING (MOWNET). IEEE, 2016. p. 84-87. (International Conference on Selected Topics in Mobile and Wireless Networking).

MOREIRA, M. W. L.; RODRIGUES, J. J. P. C.; SALEEM, K.; KOROTAEV, V. V. **Computational learning approaches for personalized pregnancy care**. IEEE Network, v. 34, n. 2, p. 106-111, mar.-abr. 2020. DOI: 10.1109/MNET.001.1800540.

NSUGBE, Ejay et al. **A study on preterm birth predictions using physiological signals, medical health record information and low-dimensional embedding methods**. IET Cyber-Systems and Robotics, v. 3, n. 3, p. 228-244, 2021.

PEREIRA, Vitória Rocha et al. **PRÉ-NATAL DE ALTO RISCO: CUIDADOS EM SAÚDE**. Estudos Avançados sobre Saúde e Natureza, v. 3, 2023.

RAJKOMAR, A., DEAN, J., KOHANE, I. **Machine learning in medicine**. New England journal of medicine, 1065-1067, 2018. DOI: 10.1056/NEJMra1814259.

RANJBAR, A., MONTAZERI, F., GHAMSARI, S.R. et al. **Machine learning models for predicting preeclampsia: a systematic review.** BMC Pregnancy Childbirth 24, 6., 2024. <https://doi.org/10.1186/s12884-023-06220-1>

RAVINDRA, N.G., ESPINOSA, C., BERSON, E. et al. **Deep representation learning identifies associations between physical activity and sleep patterns during pregnancy and prematurity.** NPJ Digital Medicine, v. 6, n. 1, p. 171, 28 set. 2023. DOI: 10.1038/s41746-023-00911-x.

SAARIKKO, J., AXELIN, A., HUVINEN, E., RAHMANI, A.M., AZIMI, I., et al. **Supporting lifestyle change in obese pregnant mothers through the wearable internet-of-things (SLIM) - intervention for overweight pregnant women: Study protocol for a quasi-experimental trial.** PLoS One, v. 18, n. 1, e0279696, 19 jan. 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0279696.

SADOVSKY, Y., MESIANO, S., BURTON, G.J., LAMPL, M., MURRAY, J.C., et.al. **Advancing human health in the decade ahead: pregnancy as a key window for discovery: a Burroughs Wellcome Fund Pregnancy Think Tank.** American journal of obstetrics and gynecology, v. 223, n. 3, p. 312-321, 2020. DOI: 10.1016/j.ajog.2020.06.031.

SARHADDI, Fatemeh et al. **Maternal social loneliness detection using passive sensing through continuous monitoring in everyday settings: Longitudinal study.** JMIR Formative Research, v. 7, e47950, 9 ago. 2023. DOI: 10.2196/47950.

STROUX, Lisa et al. **An mHealth monitoring system for traditional birth attendant-led antenatal risk assessment in rural Guatemala.** Journal of Medical Engineering and Technology, v. 40, n. 7-8, p. 356-371, 2016. DOI: 10.1080/03091902.2016.1223196.

TOPOL, E. **Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again.** Basic Books, 2019.

TRICCO A. C. et al. **PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation.** In: Annals of Internal Medicine, 169(7):467-473, 2018. DOI: 10.7326/M18-0850.

VEENA, S.; ARAVINDHAR, D. John. **Remote monitoring system for the detection of prenatal risk in a pregnant woman.** *Wireless Personal Communications*, v. 119, n. 2, p. 1051-1064, jul. 2021.

VELUSAMY, A.; AKILANDESWARI, J.; PRIYA, M. **IoT-enabled intelligent maternal intensive care: A research study.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SELF SUSTAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS, ICSSAS 2023, Erode, 18-20 out. 2023. Proceedings [...]. 2023. p. 1377-1382. ISBN 979-835030085-7. DOI: 10.1109/ICSSAS57918.2023.10331763.

VENKATASUBRAMANIAN, S. “**Ambulatory monitoring of maternal and fetal using deep convolution generative adversarial network for smart health care IoT system**”. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 13, n. 1, 2022. DOI: 10.14569/IJACSA.2022.0130126

YOU, J., LI, Q., GUO, Z., ZHAO, R. **Smart Fetal Monitoring.** In: Kim, K., Joukov, N. (eds) *Information Science and Applications 2017. ICISA 2017. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 424. Springer, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-10-4154-9_57

YOU, J., LI, Q., CHEN, Q., GUO, Z. YANG, H. **Smart Fetal Care.** *Electronic Imaging*, v. 31, p. 1-5, 2019. DOI: 10.2352/ISSN.2470-1173.2019.8.IMAWM-145

YU, J-L., SU, Y-F., ZHANG, C., JIN, L., LIN, X-H, CHEN, L-T, HUANG, H-F, WU, Y-T. **Tracking of menstrual cycles and prediction of the fertile window via measurements of basal body temperature and heart rate as well as machine-learning algorithms.** *Reproductive Biology and Endocrinology*, v. 20, n. 1, p. 118, 2022. DOI: 10.1186/s12958-022-00993-4

ZAKARIA, N. D., PAULSON, E., BALAKRISHNAN, M. **Fetal movements recording system using accelerometer sensor.** *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 13, p. 1022-1032, 2018.