

# NextGISSA, um Sistema Inteligente para Monitoramento e Predição de Hipertensão Arterial em uma Plataforma de Saúde Digital

Francisco Junior  
IFCE  
Fortaleza, CE Brasil  
jwebsys@gmail.com

Joyce Quintino  
UFC  
Fortaleza-CE Brasil  
joycequintino11@gmail.com

Renato Freitas  
UFC  
Fortaleza-CE Brasil  
jrenatosfreitas@gmail.com

Odorico Monteiro  
UFC  
Fortaleza, CE Brasil  
odorico@ufc.br

Ivana Cristina  
Fiocruz  
Fortaleza-CE Brasil  
ivana.barreto@fiocruz.br

Mauro Oliveira  
IFCE  
Aracati-CE Brasil  
amaurooliveira@gmail.com

## ABSTRACT

This paper presents NextGISSA, an intelligent system for the prediction of Arterial Hypertension (AH) by monitoring the patient's vital signs, clinical history and contextual information in real time. A wearable device (smartwatch) is used to collect the patient's vital signs, and for the context of AH prediction, possible intelligent solutions that meet clinical requirements are investigated, such as the classic Machine Learning algorithm supported by ontologies in helping the cognitive processes developed in decision making. It was concluded that NextGISSA responds to the scarcity of studies with a practical proposition that bring together IoT and intelligent systems aimed at hypertensive patients.

## KEYWORDS

IoT, Machine Learning, High Blood Pressure

## 1 INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial (HA) é uma doença crônica prevalente e tem forte relação com a ocorrência de doenças cardiovasculares e cerebrovasculares, sendo a principal causa de morte no Brasil e no mundo. De acordo com dados do Vigitel [17] 25,2% dos brasileiros adultos afirmam hipertensão arterial, o que representa mais de 53 milhões de pessoas.

Diante disso, como a construção de um sistema de inteligência computacional pode contribuir no monitoramento de forma preditiva e contínua em tempo real dos pacientes hipertensos que constam no Relatório de Pessoas Adscritas do GISSA?

Este artigo é parte da pesquisa de mestrado que tem como objetivo geral propor uma arquitetura conceitual chamada: NextGISSA, baseada em IoT, Ontologia de Risco e Machine Learning, voltada

ao monitoramento e predição de casos de Hipertensão Arterial como uma funcionalidade a ser adicionada à plataforma do GISSA, um sistema de Governança em Saúde Digital. A arquitetura conceitual já foi aprovado na qualificação e a arquitetura lógica está em processo inicial de implementação para defesa nos próximos meses.

Este estudo se justifica, uma vez que um diagnóstico casual ou tardio diante da falta de conhecimento da seriedade do problema ou mesmo assintomatologia de pacientes com comorbidade urge a tomada de medidas com um acompanhamento profícuo e contínuo em tempo real.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa ocorre a partir da atuação do GISSA, tendo como delimitação espacial a cidade de Fortaleza que tem 21,4% da população hipertensa, sendo 14,9% do gênero masculino e 22,7% feminino [17]. Para tanto, foram selecionadas pesquisas dos últimos 10 anos (2012 a 2022). Foi realizada pesquisa bibliográfica com o intuito de fazer um levantamento dos principais trabalhos desenvolvidos referente a IoT e AM (Aprendizado de Máquina), como exemplo: [6][3][15][16][9][5].

A plataforma GISSA<sup>1</sup> opera em datacenter, na nuvem, fornecida pela empresa Avicena Software e Serviços Ltda. Ela pode ser acessada através da web, por terminais de computadores, smartphones e tablets e se comunicando de forma proativa através do uso do sistema, acessando painéis (dashboards), com acesso a informações resumidas e analíticas, filtráveis, ponderadas, classificadas quanto a riscos e cumprimento de padrões de qualidade dos serviços prestados, relatórios e enviando alertas e mensagens categorizadas. Após contato com representantes da Avicena a proposta do NextGISSA foi prontamente aceita, permitindo acesso aos dados (Histórico do Paciente) que serão acessados com a implementação de uma API RESTful, formalizando as rotas das requisições e a disponibilização das informações.

No sistema proposto, NextGISSA, são utilizados mecanismos inteligentes de monitoramento de dados vitais (peso, pressão

In: XXI Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA 2022), Curitiba, Brasil. Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022.  
©2022 SBC - Sociedade Brasileira de Computação.  
ISSN: 2596-1683

<sup>1</sup> <https://gissa.avicena.in/>

arterial, frequência cardíaca) do hipertenso e a checagem destes dados com o histórico do paciente através de algoritmos de inteligência artificial.

A decisão de se fazer uma análise sobre o melhor sistema inteligente, ou um sistema híbrido, para predição da HA no NextGISSA se deve, principalmente, a complexidade do cenário em estudo que envolve o cruzamento de dados on-line (sinais vitais) com o histórico clínico (off-line) do paciente. Este cruzamento serve como “gatilho” para uma atuação reativa do sistema, acionando um “bot” a dialogar com o paciente.

Deste diálogo, contextualizado no histórico do paciente, ter-se-iam atributos necessários para alimentar tanto os algoritmos supervisionados de aprendizagem de máquina (KNN, NaiveBayes, SVM, redes neurais etc.) bem como os classificadores baseados em conhecimento explícito (regras que são definidas por um especialista).

Para explicitar o processo de implementação desta metodologia e os objetivos já alcançados este artigo está assim estruturado: Na seção três é apresentado um cenário de aplicação do NextGISSA. Na seção quatro é descrito o modelo proposto, sua arquitetura. A seção cinco têm-se alguns resultados. Por fim, na seção seis, a conclusão e as aspirações futuras deste artigo.

### 3 CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO NextGISSA

Com o objetivo de facilitar a compreensão do que é proposto pelo Next-GISSA, a Figura 1 apresenta um cenário hipotético de aplicação para os casos de pacientes do GISSA diagnosticados com hipertensão arterial.

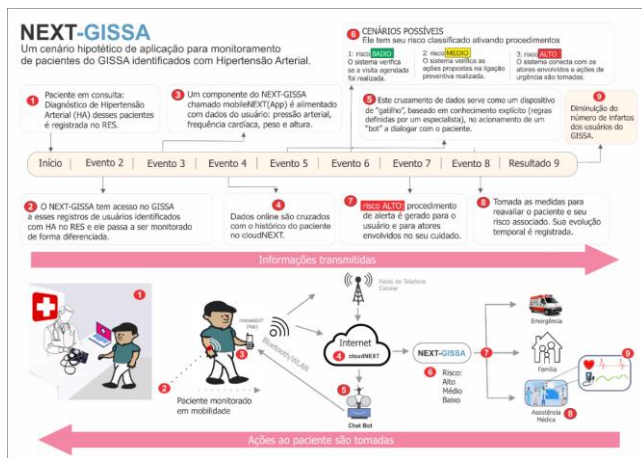


Figura 1: Cenário de Aplicação do Sistema NextGISSA

Passo 1 – Paciente em consulta médica é diagnosticado com Hipertensão Arterial (HA). Contexto: Essa condição do paciente é registrada em seu cadastro do Registro Eletrônico de Saúde (RES) do GISSA, onde se encontra o seu histórico clínico. O RES consiste em um ou mais repositórios de informações relevantes sobre a saúde e bem-estar do paciente. O acesso à informação deverá sempre ser feito de forma segura e disponível para múltiplos usuários autorizados e apenas para eles. A informação de saúde está representada de acordo com modelos lógicos padronizados, definidos e/ou selecionados entre os existentes.

Passo 2 – O sistema Next-GISSA tem acesso ao RES do paciente no GISSA. Contexto: Uma vez diagnosticado como hipertenso, este paciente passa a ser monitorado de forma diferenciada pelo sistema GISSA, sendo agora objeto de cuidados do Next-GISSA. Para tanto, uma plataforma em nuvem por meio de uma conexão direta com um servidor back-end, utilizando API com arquitetura REST, será responsável por obter informações do histórico clínico do paciente, disponibilizadas no RES do GISSA.

Passo 3 – A aplicação mobileNEXT coleta sinais vitais do paciente. Contexto: Após ser objeto de monitoramento no Next-GISSA, o paciente passa a ter os seus sinais vitais (pressão arterial, frequência cardíaca, Saturação de oxigênio no sangue – SPO2 e temperatura), coletados via sensores acoplados a uma pulseira (Passo 1), tratados pelo aplicativo mobileNEXT.

Passo 4 – O componente CloudNEXT recebe dados on-line e off-line. Contexto: este é o componente mais complexo do Next-GISSA. O tratamento e análise dos dados off-line (histórico clínico) e on-line (sinais vitais) são feitos pelo CloudNEXT que faz uso do módulo “Integração e Inferência” (I&I). Este módulo realiza a integração semântica, baseado em ontologia, entre as fontes de dados do Next-GISSA, tendo como base o trabalho realizado em [7]. A Ontologia de Domínio de Risco, parte do módulo de I&I, modelada a partir do conhecimento de um especialista em HA, é capaz de inferir se há uma anormalidade ou não de acordo como os dados integrados do paciente. Caso se configure uma anormalidade o sistema aciona um “chat bot” para dialogar com o paciente. Deste diálogo, contextualizado também no histórico do paciente, ter-se-iam atributos necessários para alimentar algoritmos supervisionados de aprendizagem de máquina na predição da HA, conforme figura 2.

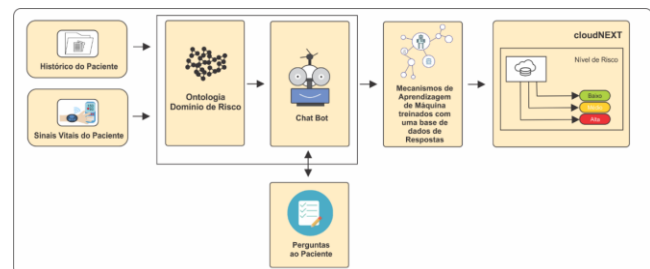


Figura 2: Modelo conceitual do componente CloudNEXT do NextGISSA

Passo 5 – Uso do “Chat Bot”. Contexto: O cruzamento de dados ocorrido no item 4 serve como um dispositivo de “gatilho”, baseado em conhecimento explícito (regras definidas por um especialista), no acionamento de um “Chat Bot” a dialogar com o paciente.

Passo 6 – Cenários possíveis. Contexto: Como resultado da ação do componente CloudNEXT, o nível de risco da paciente será classificado em Alto, Médio ou Baixo.

Passo 7 – Procedimentos na Sala de Situação do NextGISSA. Contexto: uma vez concluída a avaliação do paciente pelo CloudNEXT, as ações a serem tomadas pelo Next-GISSA dependerão, obviamente, do grau de risco detectado.

Seguem os três tipos de riscos e respectivos procedimentos do Next-GISSA: **Risco Baixo:** O sistema automaticamente conectará o paciente com “bots assistentes” que poderão enviar-lhe alertas e recomendações sistematicamente ou, eventualmente, responder perguntas do paciente. **Risco Médio:** A partir deste nível de avaliação do CloudNEXT, o paciente passa a ser monitorado por um especialista capaz de avaliar com maior acurácia aspectos não apenas clínicos (sinais vitais, por ex.) como psicológicos (ansiedade, stress, por ex.) e pessoais (idade, mobilidade, por ex.) do paciente em foco. **Risco Alto:** Este nível aciona imediatamente um alerta de emergência na Sala de Situação requerendo a presença de uma equipe de especialistas de plantão na unidade de atendimento. Esta equipe deverá iniciar uma série de procedimentos de rotina médica compatível com o caso (enviar ambulância ao local, comunicação com a família, por ex.)

**Passo 8 – Reavaliação do Paciente.** Contexto: O procedimento lógico que suporta essa reavaliação do paciente pelo sistema Next-GISSA será o mesmo utilizado desde o início do cenário mostrado na Figura 1, agora enriquecido em um novo histórico do paciente. **Passo 9 – Diminuição do Número de Infartos.** O principal objetivo do Next-GISSA é a diminuição do número de casos de infartos dos usuários da plataforma GISSA. Neste passo observa-se-á a melhoria dos processos com estatísticas dos resultados obtidos, otimizando a ação de cada componente tanto tecnologicamente quanto processual.

#### 4 ARQUITETURA NextGISSA

Este trabalho diz respeito ao uso IoT e Sistemas Inteligentes no trato do problema da Hipertensão Arterial, ampliando as funcionalidades do GISSA, um produto de Governança em Saúde Pública já em funcionamento em vários municípios do Nordeste do Brasil. O GISSA é uma plataforma de computação que realiza coleta automática das bases de dados dos sistemas do Ministério da Saúde: E-SUS, CNES, SIM, SINASC, SI-PNI, SINAN através de robôs extratores de dados, analisa essas informações, utilizando diversas tecnologias inteligentes, transformando-as em informações integradas, úteis para tomada de decisão nos diversos níveis de gestão em saúde.

Denominado NextGISSA, a proposta aqui apresentada inclui um módulo inteligente na plataforma do GISSA para o monitoramento e predição de casos de hipertensão arterial na cidade de Fortaleza-Ceará, conforme figura 3.

O Next-GISSA é proposto como um componente adicional ao GISSA. Para a coleta de sinais vitais do paciente o Next-GISSA faz uso da plataforma “dojot”, uma solução criada pelo CPQD com o objetivo de acelerar o desenvolvimento de aplicações de Internet das Coisas (IoT). Para o contexto da predição da HA, este trabalho investiga possíveis soluções inteligentes disponíveis que melhor atendam aos requisitos clínicos do caso, desde os clássicos algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM) ao Raciocínio Não-Monotônico amparados por ontologias no auxílio aos processos cognitivos desenvolvidos na tomada de decisão.

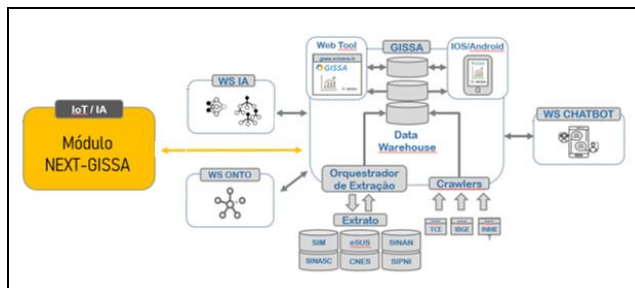


Figura 3: Proposta do Sistema NextGISSA na arquitetura GISSA

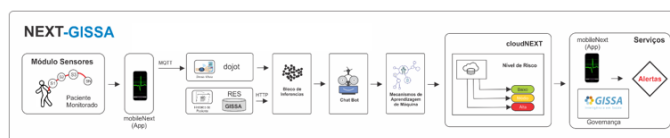


Figura 4: Componentes do NextGISSA

Desta forma, a arquitetura funcional do NextGISSA com os principais componentes da arquitetura é apresentada na Figura 4 e consiste em um conjunto de componentes responsáveis por realizar a integração dos módulos com os componentes do ambiente da plataforma IoT, como também, a comunicação com os outros componentes e com a nuvem.

No tocante a interoperabilidade da comunicação do Next-GISSA com sistemas externos, ela será feita via HTTP usando tecnologia RESTful para formalizar as rotas das requisições e a disponibilização das informações. Para aquisição de dados dos sensores será utilizado o protocolo MQTT para comunicação com o Middleware dojot que possui um broker MQTT. Esta camada irá permitir a integração dos sensores. A seguir são descritos os módulos da arquitetura funcional do Next-GISSA mostrada na Figura 4.

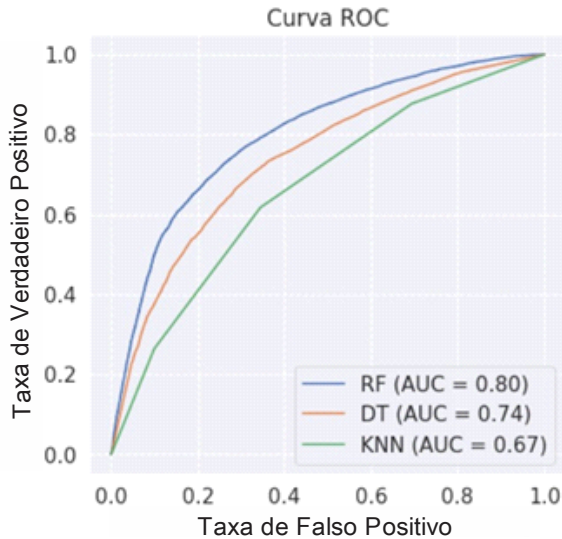
**Módulo Sensores** – O paciente do Next-GISSA será monitorado por meio de sensores para obtenção de quatro sinais vitais: pressão arterial, frequência cardíaca, oxigenação e temperatura. Esses dados serão coletados em tempo real por uma pulseira e enviados para a aplicação mobileNEXT (Módulo Serviços), para serem visualizados pelo paciente em um dashboard.

**Módulo Obter Dados** - O RES é um repositório de informações processáveis sobre o cuidado em saúde do indivíduo, armazenadas e transmitidas de forma segura e acessível por múltiplos usuários autorizados.

**Módulo Nível de Risco** - O componente cloudNEXT será responsável pelo cruzamento dos dados do RES do paciente e dos seus dados coletados em tempo real pelos sensores (Módulo

Sensores). Assim, será possível analisar qual o nível de risco desse paciente através da predição (padrões aprendidos).

## 5 RESULTADOS



**Figura 5: Resultados iniciais de 3 algoritmos (random forest, decision tree e knn)**

Dentre os resultados da pesquisa em andamento tem-se a Figura 5 que evidencia a curva ROC considerando os algoritmos random forest, decision tree e knn. Aguarda-se a liberação de um conjunto de dados de pessoas diagnosticadas com HA junto a Secretaria de Saúde do Estado do Ceará, entretanto como este processo envolve outras questões ligadas ao comitê de ética, ressalta-se que estão em análise os dados estruturados em um dataset<sup>2</sup> no formato CSV contendo 70.000 registros com informações/dados que teriam certa influência no desfecho de casos de problemas cardiovasculares.

## 6 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o NextGISSA, um sistema inteligente para a predição de Hipertensão Arterial (HA), via monitoramento dos sinais vitais de saúde do paciente, de seu histórico clínico e de informações contextuais em tempo real. O NextGISSA oferece um ambiente de monitoramento, automatizando alguns serviços como obtenção dos dados históricos do paciente além de ampliar o leque de funcionalidades do GISSA ao incluir um módulo inteligente de monitoramento e predição de HA, bem como inaugurar o uso da tecnologia IoT na plataforma. Para realização da prova de conceito da solução proposta, um protótipo está sendo construído para realização dos testes com objetivo de avaliar a eficácia do NextGISSA em fazer o monitoramento online integrando soluções que se complementam para sinalizar alertas ao paciente sobre seu estado de saúde, no caso de alguma intercorrência.

Com o desenvolvimento desta pesquisa são fornecidos subsídios para implementação de políticas de saúde que venham contribuir no uso das tecnologias digitais como aliadas nas formas de avaliação para eficácia das ações em andamento no que concerne ao monitoramento de hipertensos.

## REFERENCIAS

- [1] AL-AZZAM, M. K.; ALAZZAM, M. B. Smart city and Smart-Health framework, challenges and opportunities. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 10, n. 2, p. 171–176, 2019.
- [2] BARRETO Ivana; MONTEIRO Odorico; OLIVEIRA, Mauro. SmartRES - Uma plataforma IoT para Monitoramento Inteligente em Saúde e sua Aplicação no Contexto da COVID-19, *Anais do Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS): 2020: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*
- [3] COSTA FILHO, Raimundo Valter. Smart-Gissa, Um Sistema Para Governança em Saúde Digital Baseado em Aprendizado de Máquina. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Teleinformática. FORTALEZA. 2021.
- [4] DJANGO. Disponível em: <<https://www.djangoproject.com>>. Acesso: 04/Set/2022.
- [5] El Attaoui, Amina, et al. "Wireless medical sensor network for blood pressure monitoring based on machine learning for real-time data classification." *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 12.9 (2021): 8777-8792.
- [6] FREITAS, Nicodemos. Predição de Casos de Arboviroses na Cidade de Fortaleza-CE Utilizando Internet das Coisas e Aprendizado de Máquina/ Nicodemos Freitas. – 2021. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Fortaleza, 2021.
- [7] FREITAS, Renato; LIMA, Cleilton; BRAGA, Oton; LOPES, Gabriel; ANDRADE, Odorico; OLIVEIRA, Mauro. Using Linked Data in the Data Integration for Maternal and Infant Death Risk of the SUS in the GISSA Project. *Conference: the 23rd Brazillian Symposium. October 2017.* [https://www.researchgate.net/publication/320391384\\_Using\\_Linked\\_Data\\_in\\_the\\_Data\\_Integration\\_for\\_Maternal\\_and\\_Infant\\_Death\\_Risk\\_of\\_the\\_SUS\\_in\\_the\\_GISSA\\_Project](https://www.researchgate.net/publication/320391384_Using_Linked_Data_in_the_Data_Integration_for_Maternal_and_Infant_Death_Risk_of_the_SUS_in_the_GISSA_Project)
- [8] ISTEPANIAN, Robert S.H. and LACAL, Jose C. Emerging Mobile Communication Technologies for Health: Some Imperative notes on m-health. *Conference: Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE. October, 2003.*
- [9] JUNG, E.-Y. et al. Mobile healthcare application with EMR interoperability for diabetes patients. *Cluster Computing*, Sep. 2014. Volume 17, PP 871-880.
- [10] JUNG, E.-Y. et al. Development of U-healthcare monitoring system based on context-aware for knowledge service. *Multimedia Tools and Applications*, April 2015. Volume 74, pp 2467-2482
- [11] MALACHIAS, M. V. B. (Org.). 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. *Arq Bras Cardiol*, v.107, n.3, p. 1-103, 2016
- [12] PYTHON. Python is a programming language that lets you work quickly and integrate systems more effectively. Disponível em: < <https://www.python.org/> >. Acesso: 04/Set/2022.
- [13] POSTGRESQL. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. Disponível em: < <https://www.postgresql.org/> >. Acesso: 04/Set/2022.
- [14] REACTJS, React Uma biblioteca JavaScript para criar interfaces de usuário. Disponível em: < <https://reactjs.org/> >. Acesso: 04/Set/2022.
- [15] SILVA, Cristiano; ALVES, Joyce; BRAGA, Oton; JÚNIOR, José; ANDRADE, Luiz; OLIVEIRA, Antônio. Usando o Classificador Naive Bayes para Geração de Alertas de Risco de Óbito Infantil. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*. 2017/08/31.
- [16] VEIGA, Jeangrei Emanoelli. Um sistema d-Health para auxiliar na promoção de um estilo de vida saudável em hipertensos. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.
- [17] VIGITEL, Brasil. Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. Brasília : Ministério da Saúde, 2021.

<sup>2</sup> <https://www.kaggle.com/datasets/sulianova/cardiovascular-disease-dataset>