# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS

# ANDRÉ LUIS ANTONELI SENJU

Desenvolvimento de um módulo de software para detecção precoce de deterioração clínica e disfunções orgânicas

São Carlos

## ANDRÉ LUIS ANTONELI SENJU

Desenvolvimento de um módulo de software para detecção precoce de deterioração clínica e disfunções orgânicas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Gerson Alves Pereira

Junior

Versão Corrigida

São Carlos

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Senju, André Luis Antoneli L474d Desenvolvimento de um mo

Desenvolvimento de um módulo de software para detecção precoce de deterioração clínica e disfunções orgânicas / André Luis Antoneli Senju; orientador Gerson Alves Pereira Junior. São Carlos, 2019.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia e Área de Concentração em Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2019.

1. Sistemas de Alerta Rápido. 2. Gestão da Informação em Saúde. 3. Índices de Gravidade do Trauma. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

# FOLHA DE AVALIAÇÃO OU APROVAÇÃO

#### FOLHA DE JULGAMENTO

#### Candidato(a): André Luis Antoneli Senju

Título: "Desenvolvimento de um módulo de software para detecção precoce de deterioração clínica e disfunções orgânicas"

Data da defesa: 08/03/2019

Comissão Julgadora

Prof(a). Dr(a). Gerson Alves Pereira Junior FEARP/USP

Prof(a). Dr(a). Alessandra Mazzo FOB/USP

Prof(a). Dr(a). Heber Lombardi de Carvalho UFSCar

Prof(a). Dr(a). Cristiano Tonello HRAC/USP Assinatura

Resultado

Não Votante

Appearance

ΛΑ . . . .

Primeiramente Deus. Também dedicado a todas as famílias das vítimas de trauma da amostra.

#### **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente Deus.

Aos meus pais Cleonice e Luis, que sempre me incentivaram e não me deixaram desistir do trabalho quando eu mais precisei de apoio.

À minha namorada Tamires por toda a paciência no decorrer dos anos de pesquisa e por todo o companheirismo.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Gerson Alves Pereira Junior, por toda a orientação acadêmica desde o término da graduação.

À minha (infelizmente não oficial) coorientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Mazzo, por toda a paciência no ensino de metodologias de pesquisa.

Aos meus amigos de laboratório, em especial o Marcelo, por todo o apoio desde a graduação.

À secretária de pós-graduação, Márcia, por todo o auxílio nas questões burocráticas.

À todos que diretamente ou indiretamente contribuiram para a realização desse sonho.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos concedido durante 24 meses.

"Pelos mesmos caminhos não se chega sempre aos mesmos fins."

Jean-Jacques Rousseau (2019)

#### **RESUMO**

SENJU, A. L. A. **Desenvolvimento de um módulo de software para detecção precoce de deterioração clínica e disfunções orgânicas**. 2019. 122 f. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos — Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Este estudo tem por objetivo o desenvolvimento de uma aplicação tecnológica para auxiliar no gerenciamento médico para atendimento de casos de urgências traumáticas com recursos de vigilância e alertas de deterioração clínica e disfunções orgânicas, baseadas nos sinais vitais e resultados de exames laboratoriais. Trata-se de um estudo misto, com o desenvolvimento de um módulo de software para sistemas web e a análise dos dados retrospectivos com quase 21 mil casos atendidos entre 2006 e 2014. Serão apresentados os resultados de desenvolvimento de um sistema, capaz de reunir informações clínicas e laboratoriais para criar alertas sobre a evolução do quadro clínico do paciente. Após busca na literatura, foram encontradas diversas variáveis fisiológicas e índices de trauma que tornaram possível desenvolver uma interface que reúne todos os dados de uma maneira clara e de fácil entendimento. Utilizando o desvio de normalidade de cada parâmetro fisiológico, foi criado um alerta visual, indicando melhora ou deterioração do quadro clínico. Além disso, em segundo plano são realizadas buscas por padrões de valores e séries temporais correlacionados com óbito para realizar predição em forma de alertas..

Palavras-chave: Sistemas de Alerta Rápido, Gestão da Informação em Saúde, Índices de Gravidade do Trauma.

#### **ABSTRACT**

SENJU, A. L. A. **Development of a software module for the early detection of clinical deterioration and organic dysfunctions.** 2019. 122 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

This study aims to develop a software to assist in the medical management of traumatic emergency cases by surveillance features and alerts of clinical deterioration and organic dysfunctions based on vital signs and results of laboratory tests. It is a combined study, with the development of a software module for web systems and analysis of the retrospective data with almost 21 thousand cases attended between 2006 and 2014. Results of the development of a system capable of gathering clinical and laboratory information and creating visual alerts on the evolution of the patient's clinical picture will be presented. After searching the literature, several physiological variables and trauma indices were found, which enabled the development of an interface that gathers all data in a clear and easy-to-understand way. Using the normal deviation of each physiological parameter, a color-guided visual alert was created, indicating improvement or deterioration of the clinical picture. Furthermore, in the software background, searches will be realized to recognize patterns between time series and clinical deterioration, to do predictions through warnings.

Keywords: Early Warning Systems, Health Information Management, Trauma Severity Indices.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de Pesquisa	22
Figura 2 – Processo de seleção de artigos.	24
Figura 3 – Ciclo de vida da prototipação	25
Figura 4 – Exemplo de ficha de requisitos.	26
Figura 5 – Exemplo de diagrama de casos de uso	27
Figura 6 – Exemplo de diagrama de sequência	28
Figura 7 – Exemplo de Histograma.	31
Figura 8 – Cálculo da mediana	31
Figura 9 – Exemplo de <i>bloxplot</i> .	32
Figura 10 – Exemplo de Curva ROC.	36
Figura 11 – Comparação entre Regressão Logística e KNN	37
Figura 12 – Divisão dos dados para treinamento e teste do modelo	37
Figura 13 – Exemplo de séries temporais e classificação.	38
Figura 14 – Exemplo de cálculo de Score	39
Figura 15 – Requisito F1	73
Figura 16 – Requisito F2	73
Figura 17 – Requisito F3	74
Figura 18 – Requisito F4.	74
Figura 19 – Diagrama de Casos de Usos	75
Figura 20 – Diagrama de Sequência	76
Figura 21 – Interface do módulo de <i>software</i> .	77
Figura 22 – Curva ROC índices de trauma e <i>score</i> proposto	90
Figura 23 – Curva ROC para ISS 1-8	92
Figura 24 – Curva ROC para ISS 9-15	93
Figura 25 – Curva ROC para ISS 16-24	94
Figura 26 – Curva ROC para ISS maior que 24	95

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo de revisão dos sistemas orgânicos.	18
Tabela 2 – Descritores selecionados para o estudo, conforme DeCS e MeSH	23
Tabela 3 – Exemplo de tabela de distribuição.	30
Tabela 4 – Estudos analisados segundo identificação, ano de publicação, autoria, tipo o	le
estudo e amostra.	42
Tabela 5 – Estudos analisados segundo amostra divididos em índices de trauma e variá	iveis
fisiológicas	46
Tabela 6 – Estudos analisados segundo objetivo, método e principais resultados e conc	lusões.
	53
Tabela 7 – Faixas de valores críticos e de referência para algumas variáveis utilizadas.	76
Tabela 8 – Amostra inicial, casos excluídos e amostra final.	78
Tabela 9 – Amostra descrita em faixas etárias, sexo e taxas de sobrevivência	80
Tabela 10 - Atendimentos em cada ano, separados por faixas de ISS e taxas de sobrevi	ivência
	81
Tabela 11 – Proporção de exames solicitados para cada faixa de ISS	82
Tabela 12 – Diferença entre medianas de sobreviventes e não sobreviventes	84
Tabela 13 – Diferença entre medianas de sobreviventes e não sobreviventes em diferen	ntes
tempos de internação.	87
Tabela 14 – Proporções de acertos dos classificadores baseados em Naive Bayes	89
Tabela $15$ – Proporções de acertos dos classificadores baseados em KNN com $K=3$	89
Tabela 16 – Áreas abaixo da curva (AUC)	91
Tabela 17 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS 1-8.	92
Tabela 18 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS 9-15.	93
Tabela 19 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS 16-24	94
Tabela 20 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS maior que 24.	95

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	16
1.2 Hipótese	17
1.3 Fundamentos Teóricos	17
1.3.1 Monitorização do paciente traumatizado	17
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Geral	19
1.4.2 Específicos	20
2 MÉTODO	21
2.1 Considerações Éticas	22
2.2 Revisão integrativa de literatura - <i>Scoping Review</i>	22
2.3 Desenvolvimento da aplicação tecnológica	25
2.3.1 Coleta e refinamento dos requisitos	26
2.3.2 Projeto e construção do protótipo	26
2.3.3 Avaliação do protótipo	28
2.3.3.1 Coleta de dados	28
2.3.3.2 Definição das técnicas estatísticas	29
2.3.3.3 Técnicas de aprendizado de máquina	36
2.3.3.4 Avaliação do modelo preditivo	37
2.3.3.5 Proposta de modelo estatístico para predição de óbito em pacientes de trauma .	38
3 RESULTADOS	41
3.1 Valores Críticos e Índices Prognósticos	41
3.2 Tecnologias de desenvolvimento adotadas	71
3.3 Desenvolvimento do protótipo de <i>software</i>	72
3.4 Análise exploratória de dados	77
4 DISCUSSÃO	97
5 CONCLUSÕES	107
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	109
REFERÊNCIAS	111

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário atual do atendimento ao trauma em nível mundial vem passando por mudanças. Tais mudanças mostraram-se necessárias em âmbitos procedimentais, de avaliação e de qualidade dos serviços devido à atual epidemiologia do trauma (ALLEN et al., 2016).

Sendo a principal causa de morte entre jovens do 1 aos 44 anos de vida, principalmente do sexo masculino, com 25 a 50% destas mortes sendo evitáveis, o trauma é classificado como qualquer dano ou lesão, contuso ou penetrante, causado intencionalmente ou não por agentes externos, como colisões entre veículos, armas brancas ou de fogo(AHUN et al., 2014; BEIGZADEH et al., 2016).

Quando acolhido no serviço, o paciente traumatizado precisa ser avaliado para que um prognóstico seja feito acerca da severidade de sua lesão e de seu tempo de sobrevida. Para tanto, o atendimento pré-hospitalar deve contar com uma breve, porém eficaz, investigação sobre o mecanismo de trauma, região anatômica atingida e estabilização do paciente (PEREIRA JUNIOR et al., 1999; LEVI et al., 2013).

A avaliação no intra-hospitalar pode ser feita em diversos momentos, como na admissão, no momento após o estabelecimento de um diagnóstico e até mesmo da revisão dos casos já fechados. Esta avaliação é feita por índices de trauma, os quais investigam, em sua totalidade, através de diversos preditores como sinais vitais e região anatômica, a probabilidade de sobrevivência dos pacientes (PEREIRA JUNIOR et al., 1999; LAM et al., 2016).

Para que esses índices sejam de fato fidedignos ao estado atual do paciente, é necessário que o atendimento seja previamente planejado de acordo com cada caso, além da seleção minuciosa dos recursos humanos e materiais. Além disso, como previamente dito, é necessário que a equipe em cena investigue o mecanismo de trauma, para que assim possíveis lesões sejam identificadas e antecipadamente tratadas, além de possibilitar que a equipe a espera do paciente na cena hospitalar já fique preparada para entrar em ação com os recursos corretos, melhorando o prognóstico deste paciente (PEREIRA JUNIOR et al., 1999; LEVI et al., 2013).

Quando o AIS (Anatomic Injury Severity), primeiro índice de predição de trauma, surgiu em 1971, bem como os que o seguiram, como o ISS (Injury Severity Score), foi proposto, o foco da avaliação centrava-se na anatomia do sujeito. No entanto, com o aumento do número de casos e, principalmente, com o aumento da mortalidade, foram demandadas

para uma melhor qualidade dos serviços, que atendem os pacientes de trauma, a atualização de outros possíveis preditores que focassem também na fisiologia do paciente e que fossem muito além dos sinais vitais (JUNIOR et al., 1999; WEEKS et al., 2016).

Começou-se então a ser discutido o papel de antigos preditores: será que eram avaliados da maneira correta? No momento correto? Ou ainda mais urgente, será que estes preditores tidos como padrão eram suficientes para estimar a sobrevida de pacientes traumatizados e, consequentemente, optar pelo melhor manejo do trauma? (DEZMAN et al., 2015; ALLEN et al., 2016)

Desta maneira foi identificado que utilizar-se apenas sinais vitais como predição de prognóstico, pode subestimar a gravidade do paciente, sendo mais eficaz a realização de exames mais específicos, como a gasometria para observação da porcentagem de oxigênio disponível no organismo do paciente traumatizado. Outro preditor frequentemente utilizado é a Escala de Coma de Glasgow, a qual desde 1970 vem sendo utilizada para predizer o prognóstico de pacientes, e passou a determinar, nos dias atuais, após estudos, o manejo de vias aéreas e a necessidade de neuroimagem em pacientes traumatizados, além de prever o tempo de permanência dos pacientes no hospital e na emergência (M.X.; K.P., 2013; DEZMAN et al., 2015).

No entanto, indo muito aquém da revisão, pesquisadores realizaram, e vêm realizando, a implantação de novos preditores passíveis de serem obtidos através de exames laboratoriais de rotina, como o fibrinogênio, cujos níveis séricos são capazes de determinar sangramentos massivos e o Base Excess (BE), cujos valores indicativos de baixa perfusão tecidual prevêem a morte e a severidade do paciente (LEVI et al., 2013; HAGEMO et al., 2014).

Ressalta-se, porém, a importância da realização de uma triagem fisiológica completa, composta pelo conjunto de Exame Físico, exames laboratoriais e índices, e não apenas pela opção de realizar um ou outro, ou ainda pela utilização de um só índice de trauma, podendo assim ser notado o detalhamento do desarranjo metabólico, sendo esse o preditor mais eficaz de mortalidade (PEREIRA JUNIOR et al., 1999; LEVI et al., 2013; ALLEN et al., 2016).

Ao utilizar dados fisiológicos provenientes da realização de exames laboratoriais na admissão hospitalar em casos traumáticos, organizados de forma lógica e segura (utilizando sistemas de registro eletrônico em saúde — S-RES) é possibilitada uma precisa e objetiva avaliação da gravidade clínica e representam bons preditores para risco de óbito em pacientes hospitalizados(TABAK et al., 2014). Estes dados quando trabalhados estatisticamente, de forma a entender sua distribuição e correlacionar com os desfechos clínicos geram dois grupos, a saber, os valores de referência (normais) e os valores críticos.

O termo valor crítico pode ser definido como resultado de exames laboratoriais significantemente fora da faixa de normalidade e necessitam de alerta imediato para efeitos de segurança do paciente (LIPPI, 2017). Este conceito foi originalmente proposto por Lundberg ao estabelecer que esses valores, representam situação de risco, caso não recebam tratamento adequado e em tempo(LUNDBERG, 1972). Tal conceito pode ser expandido incluindo resultados de aferições de sinais vitais como temperatura, pressão arterial, frequência respiratória, frequência cardíaca e oximetria que auxiliam na predição de condutas e contraindicações do paciente (THISTLE et al., 2016).

Utilizando-se deste conceito, existem métodos de estratificação de risco desenvolvidos com fundamento na previsão da gravidade da doença que são frequentemente usados para priorizar os pacientes com base na urgência (CHALLEN; BRADBURN; GOODACRE, 2015). Como exemplo, o método *Modified Early Warning Score* é um sistema de pontuação fisiológica simples que considera valores de sinais vitais do paciente (SUBBE et al., 2001).

Em diversos países em desenvolvimento, como o Brasil, a utilização destes índices ainda é pouco frequente, fato que reflete nos altos índices de mortalidade intra-hospitalar e no maior tempo de permanência destes pacientes no hospital. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 90% dos casos de trauma que chegam aos serviços resultam na morte do paciente, dado que ilustra a extrema necessidade do aumento da qualidade do cuidado prestado a este público, bem como a maior aplicação e realização de pesquisas na área (WHO, 2009; BEIGZADEH et al, 2016; AHUN, 2014).

Ao revisar os casos já encerrados torna-se possível a identificação de casos evitáveis, além de avaliar e descobrir novos preditores através da correlação do que foi previsto com o que de fato ocorreu, possibilitando, desta forma, a melhora da assistência ao paciente traumatizado. Além disso, a revisão dos casos permite apontar falhas no preenchimento dos registros dos pacientes, indicando a necessidade de melhoria e atualização também da equipe (PEREIRA JUNIOR et al., 1999; BEIGZADEH et al., 2016).

Sendo o trauma a maior causa de perda qualidade de vida do paciente e de seus familiares devido aos impactos econômicos e sociais que causa, além da grande porcentagem de mortes que seriam evitáveis em outro contexto, é necessário que a avaliação seja feita de forma mais precisa e coerente, utilizando-se de todos os recursos disponíveis e visando o melhor resultado possível advindo do prognóstico de cada paciente traumatizado estabelecido pelos preditores (PEREIRA JUNIOR et al., 1999; LEVI et al., 2013; BEIGZADEH et al., 2016).

Este estudo foca a utilização de valores críticos em pacientes vítimas de trauma, sendo uma vantagem já que estão bem definidos os índices prognósticos (PEREIRA JUNIOR et al., 2009) como:

"[...] os casos de trauma podem ser classificados, através do uso de variáveis numéricas divididas em faixas de valores, quanto a gravidade utilizando índices de trauma que" ... " são valores matemáticos ou estatísticos, quantificados por escores numéricos, que variam de acordo com a intensidade e os tipos de lesões decorrentes do traumatismo, medidos através de parâmetros anatômicos e fisiológicos. Tais índices representam uma importante e essencial ferramenta para estudos clínicos em trauma" (PEREIRA JUNIOR et al., 1999).

A utilização de índices de gravidade oriundos destes valores críticos de resultados de exames laboratoriais e aferições de sinais vitais, e parâmetros anatômicos de pacientes traumatizados podem auxiliar no processo de monitoramento do paciente, contribuindo para melhoria da qualidade no atendimento, atuando como referenciais para suporte de decisões clínicas.

#### 1.1 Justificativa

Os Sistemas de Registros Eletrônico em Saúde (S-RES) tornam possível o armazenamento e processamento de dados com objetivo de prover informações das condições do paciente, permitindo uma análise das internações como um todo (CHARNOVSCKI et al., 2014). Isto permite a utilização de diversas ferramentas de informática para exploração destes dados com diferentes enfoques. A avaliação rápida da gravidade clínica usando dados do registro eletrônico em saúde (RES) disponíveis nos vários momentos do atendimento hospitalar desde a admissão pode ajudar no apoio à decisão das condutas a serem tomadas.

Com a implantação do RES, os vários sistemas de informação dos serviços de saúde coletam e armazenam dados clínicos, sinais vitais, laudos de exames radiológicos e anátomo patológicos, bem como resultados de exames laboratoriais, especialmente com dados numéricos, tornando o processo amplamente automatizado (TABAK et al., 2014). Nesse contexto, o estudo da evolução clínica e as estimativas de risco de óbito hospitalar têm utilizado modelos preditivos utilizando processamento de dados clínicos e resultados de exames complementares com objetivo de melhorar a previsibilidade de má evolução clínica, antecipando disfunções orgânicas sequenciais que culminam com a morte do paciente. Nesse sentido, há necessidade do estabelecimento de alertas para anormalidades, informando profissionais de saúde por meio de lembretes dentro do sistema de informação, acarretando

intenso monitoramento realizado de forma eletrônica para auxílio na tomada de decisão clínica.

Portanto, a monitorização do paciente, com a utilização de parâmetros fisiológicos, pode ter um ganho em qualidade se acrescida de técnicas de computação e estatística, devidamente reunidos em uma organizada aplicação tecnológica definida por um módulo integrável aos diversos RES já existentes e responsáveis pelo gerenciamento das informações do paciente, realizando assim, o específico papel de processamento inteligente dos valores resultantes de exames, de forma estática — pela definição de valores críticos — bem como dinâmica — pela utilização de técnicas de aprendizado de máquina para acompanhamento da série temporal na evolução clínica do paciente.

#### 1.2 Hipótese

A aplicação de técnicas de aprendizado de máquina na construção de uma aplicação tecnológica, mesclado com monitoramento dos valores críticos, são capazes de auxiliar na monitorização do paciente traumatizado, sendo estatisticamente equivalente aos índices de trauma já utilizados.

#### 1.3 Fundamentos Teóricos

#### 1.3.1 Monitorização do paciente traumatizado

Os sistemas de informação em saúde permitem inserção de sinais vitais e resultados de exames laboratoriais, podendo ser utilizados junto a outras informações clínicas para uma revisão sistematizada dos vários sistemas orgânicos, promovendo um claro entendimento do estado clínico do paciente. Profissionais experientes conseguem diferenciar os dados com significado clínico relevante da grande quantidade de informações consideradas normais ou de referência, facilitando o processo de monitorização (ACOSTA et al., 2007).

Essa revisão geralmente tem início no sistema neurológico, com a checagem dos níveis de funções nervosas e todas as alterações durante a internação. Os pacientes conscientes são descritos em termos de orientação e alerta, já o estado neurológico dos pacientes comatosos é mensurado pela Escala de Coma de Glasgow (ATTALLAH et al., 2007).

Após a avaliação neurológica, são verificados os outros sistemas: cardiovascular, respiratório, gastrointestinal, genitourinário, hematológico, endócrino, além do controle de infecções.

O sistema cardiovascular é frequentemente verificado, iniciando pelo coração com medidas de frequência cardíaca(FC) e pressão arterial(PA) e em sequência, verificando pulso, enchimento capilar, coloração da pele das extremidades para verificação da difusão sanguínea periférica (CHIU, 2007). Já para o sistema respiratório, verifica-se a condição de respiração por medidas de frequência respiratória e saturação de oxigênio e em casos de ventilação mecânica, deve também ser verificado o modo de ventilação e a fração de oxigênio inspirada. Algumas informações provenientes de exames laboratoriais como pH sanguíneo, pressão parcial de oxigênio e pressão parcial de gás carbônico também devem ser monitoradas para avaliação da respiração (COHEN et al., 2007).

O sistema gastrointestinal, que tem sua preocupação voltada à correta nutrição, verificando os movimentos intestinais e suas desordens (constipação e diarréia), bem como os resultados de exames laboratoriais como amilase e lipase. De forma análoga, o funcionamento genitourinário também verifica dosagens de moléculas como eletrólitos, creatinina, glicose e uréia como forma de avaliação do sistema (O'REILLY et al., 2007).

A revisão do sistema hematológico leva em consideração medidas de hematócritos, contagem de plaquetas e valores relativos ao processo de coagulação (protrombina, tempo parcial de tromboplastina e o internation normalization ratio – INR), além de informações sobre utilização de hemoderivados e eventos clínicos que resultaram em sangramentos (MALONE et al., 2007).

Além do equilíbrio das células vermelhas do sangue, o leucograma é utilizado como indicador de infecções. Além disso, outros fatores como temperatura, culturas de bactérias e fungos em locais fontes de infecção são levados em consideração na revisão do estado infeccioso. Por fim, o sistema endócrino é avaliado principalmente pelos níveis de glicose e insulina no sangue, além de outros fatores específicos como deficiências nas atividades da tireóide devem ser discutidos (MESOTTEN et al., 2007).

A tabela a seguir (Tabela 1) mostra um resumo da revisão dos sistemas orgânicos dos pacientes, com respectivos exames físicos, variáveis físiológicas, medicamentos e tratamentos prescritos.

Tabela 1 – Resumo de revisão dos sistemas orgânicos.

Sistema	Exame Físico	Variáveis fisiológicas	Medicamentos e Terapias
Nervoso	Escala de coma de	Níveis de dor e	Analgésicos

	Glasgow	ansiedade	Sedativos
		ansiedade	Sedativos
	Reflexos Pupilares		
	RASS		
Cardiovascular	Ausculta	Pressão arterial média	Inotrópicos
	Murmúrios	Eletrocardiograma	Vasopressores
	Perfusão periférica	Pressão pulmonar	Vasodilatadores
	Pulso	Troponina	
Respiratório	Murmúrios vesiculares	Níveis de suporte	
	Secreções		
	Padrão ventilatório		
Gastrointestinal	Inspeção	Movimentos intestinais	Nutrição
	Ausculta	Amilase	Agentes de motilidade
	Palpação	Lipase	
Geniturinário	Balanço hídrico	Eletrólitos	Diuréticos
		Ureia	
		Creatinina	
Doenças	Temperatura	Leucograma	Antibióticos
Infecciosas		Culturas	Cobertura para Gram positivo
		Expectoração	Cobertura para Gram negativo
		Urina	Cobertura para anaeróbicos
			Antifúngicos
			Antivirais
Hematológico	Sangue	Hematócrito	Heparina
	Hematomas	Indicadores de	Plasma
		coagulação	
Endócrino	Bócio	Glicose	Insulina
		Testes da tireoide	Levotiroxina
	E ( E1	1 1 1 (2010)	

Fonte – Elaborado pelo autor (2019).

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Geral

Propor uma aplicação tecnológica que auxilie na detecção precoce da deterioração clínica e fisiológica do paciente traumatizado, através do monitoramento continuo utilizando algoritmos de aprendizado de máquina e técnicas de estatística.

#### 1.4.2 Específicos

- Identificar na literatura científica as variáveis e índices de trauma que auxiliam na detecção precoce da deterioração clínica e fisiológicas.
- Identificar as tecnologias de desenvolvimento de software.
- Identificar quais as técnicas estatísticas e de aprendizado de máquina adequadas para a pesquisa.
- Desenvolver o protótipo de software e verificar estatisticamente a acurácia das predições propostas, comparando-as com desempenho dos índices prognósticos mais utilizados.

# 2 MÉTODO

Trata-se um estudo que contou com duas etapas metodológicas: Etapa 1, estudo de Revisão de Literatura e Etapa 2, estudo misto, realizado no município de Ribeirão Preto - São Paulo, em um hospital universitário que é referência de nível terciário no atendimento de urgência e emergência. Os pacientes são encaminhados pela Central de Regulação Médica (CRM), a qual recebe, avalia e estabelece as prioridades das solicitações de transferência hospitalar, definindo o fluxo de pacientes para os hospitais conveniados ao Sistema Único de Saúde – SUS (UNIDADE DE EMERGÊNCIA DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO, 2012).

A unidade hospitalar conta com 139 leitos gerais, 36 leitos de unidade de terapia Intensiva (UTI), 14 consultórios, 8 salas cirúrgicas, sendo responsável no ano de 2015 por 36104 consultas e procedimentos, 9642 internações (HOSPITAL DAS CLÍNICAS DE RIBEIRÃO PRETO, 2016), sendo assistida por um S-RES que registra todas as informações clínicas de atendimentos, cirurgias, diagnósticos, movimentações internas, sinais vitais, exames, medicações, uso de hemoderivados, procedimentos realizados.

A amostra dessa etapa corresponde aos pacientes traumatizados atendidos nesta unidade hospitalar no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2014 com quase 21 mil casos. Foram excluídos, os pacientes transferidos ou que evadiram da unidade hospitalar.

Desta forma, a etapa 2 consistiu no desenvolvimento de uma aplicação tecnológica, baseada tanto nas variáveis e valores críticos encontrados na etapa 1, bem como nos requisitos levantados. Após o desenvolvimento, foi feita a avaliação da diferenciação estatística das médias das variáveis fisiológicas entre dois grupos (sobreviventes e não sobreviventes), bem como do poder preditivo dos alertas emitidos por um conjunto de checagem das anormalidades dos parâmetros. Na figura 1, o processo de pesquisa, envolvendo as etapas 1 e 2, é representado como passos subsequentes.

Identificar as Tecnologias e
Processos de Sofware

Identificar as Técnicas Estatísticas e
de Aprendizado de Máquina

Desenvolver o Protótipo de
software

Verificar o Poder Preditivo dos
Alertas

Figura 1 – Processo de Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### 2.1 Considerações Éticas

Conforme previsto na Resolução CNS 466/2012, este estudo foi submetido à aprovação ética (Parecer 673.508 de 03/06/2014). Por tratar-se da análise de dados secundários foi solicitada e autorizada a dispensa da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

#### 2.2 Revisão integrativa de literatura - Scoping Review

Scoping Review é um método de revisão elaborada conforme metodologia do The Joanna Briggs Institute (JBI), que consiste em mapear principais conceitos, clarificar áreas de pesquisa e identificar lacunas do conhecimento por meio da viabilidade, significância e adequação da prática dos cuidados de saúde preconizados pela JBI (JBI, 2015).

Para construção da pergunta da pesquisa, utilizou-se a estratégia **PICO**: Paciente, Intervenção, Comparação e Outcomes ou desfecho (SANTOS; PIMENTA; NOBRE, 2007), **P** – pacientes; **I** – valores críticos e preditores; **C** – (não incluso); **O** – gravidade do paciente,

resultando na seguinte pergunta de pesquisa: "Quais os valores críticos e preditores utilizados para determinar a gravidade do paciente?".

Para a busca dos estudos foram utilizados descritores e seus sinônimos de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH). Os termos utilizados encontram-se na tabela 2.

Tabela 2 – Descritores selecionados para o estudo, conforme DeCS e MeSH.

Estratégia PICO	Descritores controlados	Descritores não controlados		
Population (P)	Patients	Patient		
	Trauma	Injury OR Injuries		
Intervention (I)	Predictive Value of Tests	Critical values Predictive Model		
Comparison (C)	-	-		
Outcomes (O)	Severity of Illness Index	Risk of mortality Severity		
	Fonte – Elaborado pelo autor (2019)			

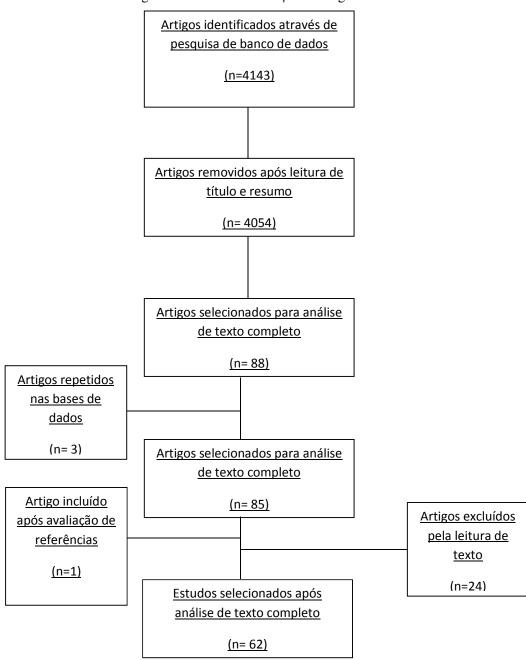
Para a análise foram incluídas as pesquisas realizadas com pacientes traumatizados que abordassem os valores críticos e preditores utilizados para determinar sua gravidade, podendo ser de enfoque quantitativo e/ou qualitativo, que respondessem à pergunta de busca estabelecida, independentemente da área de conhecimento a que estivesse vinculada. Foram excluídos os estudos secundários, os não científicos, as informações de websites e propagandas veiculadas em mídia e as pesquisas encontradas em duplicidade nas diferentes bases.

A busca foi realizada de forma eletrônica utilizando as bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), National Library of *Medicine* (PubMed) e SCOPUS.

Após leitura exaustiva dos títulos e resumos dos 4143 estudos encontrados, 88 foram selecionados para leitura na íntegra, entre eles três foram exclusos por estarem em mais de uma base de dados. Desta forma, foram inclusos neste trabalho, 61 estudos que responderam a pergunta de pesquisa. Foi ainda incluso uma pesquisa da literatura cinza. Por fim, a amostra deste estudo foi composta por 62 artigos. Na figura 2, encontra-se o processo de seleção esquematizado.

Na Sequência, os estudos inclusos foram analisados com auxílio de um instrumento construído pelos pesquisadores, conforme orientação do JBI (2014), onde foi identificado a base de dados de publicação da pesquisa, periódico, autoria, país, ano, área do estudo, objetivo, detalhamento metodológico, detalhamento amostral, principais resultados e conclusões. Para apresentação dos resultados as publicações analisadas foram denominadas de Estudos e enumeradas de 1 a 62. Após as análises, os estudos foram agrupados e os resultados apresentados na forma de tabelas e relatório discursivo.

Figura 2 – Processo de seleção de artigos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### 2.3 Desenvolvimento da aplicação tecnológica

O primeiro passo da produção do software foi a coleta e análise de requisitos, onde foram definidas algumas funcionalidades e atributos do sistema, sendo utilizado o modelo de processo de software prototipação. A escolha é justificada pela dificuldade em estabelecer todos os requisitos em etapa anterior ao desenvolvimento, de forma que cada versão futura seja aprimorada de acordo com a necessidade, de forma que são construídos a quantidade de protótipos necessários, até que o sistema consiga atender as necessidades do cliente (PRESSMAN, 2005). Na figura 3, são mostradas as etapas e a sequência desse modelo.

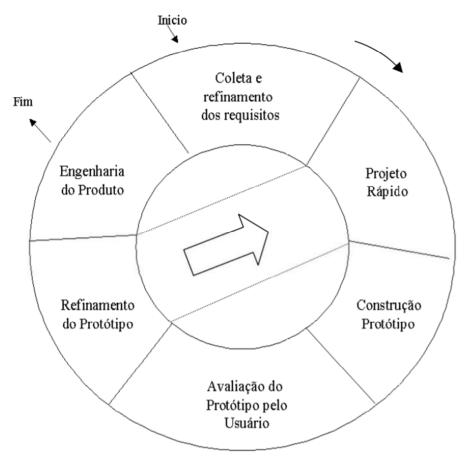


Figura 3 – Ciclo de vida da prototipação

Fonte: Alves; Vanalle, 2001.

Ao longo deste processo foram utilizados recursos de Engenharia de Software como diagramas de caso de uso com o objetivo de demonstrar as interações de um ator (médicos, enfermeiros e outros profissionais em saúde) com as funcionalidades do sistema. O desenvolvimento foi sistematizado de acordo com os passos mostrados pela figura 3.

#### 2.3.1 Coleta e refinamento dos requisitos

A etapa de levantamento de requisitos corresponde a buscar junto ao usuário, seus sistemas, documentos e toda a informação possível sobre as funcionalidade que o sistema deverá executar (Requisitos Funcionais – F), bem como as restrições sob as quais o sistema deverá operar (Requisitos Não Funcionais – NF) (WAZLAWICK, 2011). Como resultado da fase de coleta e refinamento dos requisitos, alguns artefatos são gerados, como as fichas de requisito (figura 4), que são de grande importância para a organização do projeto de *software*.

Figura 4 – Exemplo de ficha de requisitos

F1 Registrar Empréstim	os			( ) Oculto
Descrição: O sistema de	eve registrar empréstimos de fitas, indicando o	cliente e as fita	ıs que foram e	mprestadas,
bem como a data do en	npréstimo e o valor para pagamento na devolu	ıção	•	
	Requisitos Não Funcionais	ì		
Nome	Restrição	Categoria	Desejável	Permanente
NF1.1 Controle de	A função só pode ser acessada por usuário			
Acesso	com perfil de operador ou superior	Segurança	( )	(X)
NF1.2 Identificação de	As fitas devem ser identificadas por um			
fitas	código de barras	Interface	( )	(X)
NF1.3 Identificação do	O cliente deverá ser identificado a partir do			
cliente	seu nome	Interface	( )	( )
NF1.4 Tempo de	O tempo para registro de cada fita deve ser			
registro	inferior a um segundo	Performance	(X)	( )
	Todas as funções relacionadas a			
	empréstimos devem ser efetuadas em uma			
NF1.5 Janela única	única janela	Interface	(X)	(X)

Fonte: Wazlawick, 2011.

#### 2.3.2 Projeto e construção do protótipo

Para a fase de projetos e construção do protótipo, são necessários que artefatos com delimitação das funcionalidades e escopo da aplicação tecnológica sejam produzidos. Através desses artefatos, é possível permitir o entendimento do domínio da aplicação, bem como suportar futuras manutenções do sistema (MALUCELLI et al, 2010). Nesse estudo, foi

decidido pela documentação com uso de diagrama de casos de uso (figura 5) e diagrama de sequência (figura 6).

O diagrama de casos de uso é uma ferramenta importante para identificar as interação existentes entre usuários, equipamentos e sistemas - representados por atores. Dessa forma, cada ator tem suas relações com cada caso de uso - representados por elipses - bem delimitadas (figura 5).

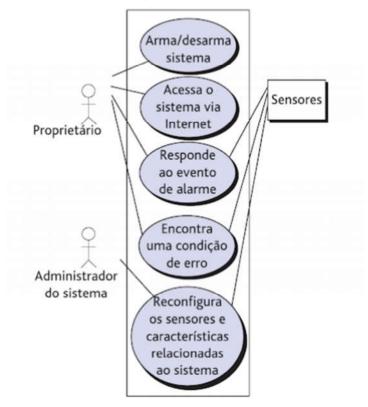


Figura 5 – Exemplo de diagrama de casos de uso

Fonte: Pressman, 2005.

O diagrama de sequência é responsável por representar como os eventos provocam transições de objeto para objeto, sendo muito importante para a criação de um projeto eficaz para o sistema a ser construído (PRESSMAN, 2005). Como pode ser visto na figura 6, a linha do tempo é representado verticalmente, e cada classe é representada por retângulos na porção superior do diagrama. Por sua vez, as setas indicam eventos entre as classes e os retângulos menores inseridos sobre as linhas pontilhadas indicam o tempo gasto no processamento do evento.

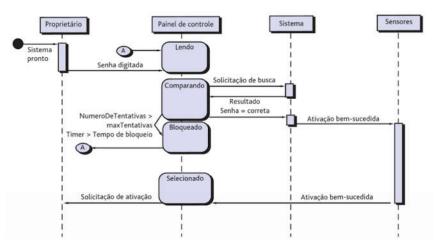


Figura 6 – Exemplo de diagrama de sequência

Fonte - Pressman, 2005.

#### 2.3.3 Avaliação do protótipo

Como se trata de uma aplicação tecnológica focada em predições que nortearão os alertas disparados, a avaliação do modelo proposto, que é baseado em técnicas de aprendizado de máquina, deve seguir metodologia característica como proposta por Molla et al (2004) ao explorar séries temporais para modelos envolvendo variáveis biológicas. A aplicação das séries temporais no campo das ciências biológicas é definida: "Dados de séries temporais são simplesmente, dados de um mesmo organismo em vários tempos diferentes" (MOLLA et al., 2004).

Assim, com a organização dos dados para aplicações de técnicas como redes bayesianas dinâmicas, as variáveis biológicas podem ser representadas em T tempos diferentes, sendo que cada nó dentre esses T tempos, é capaz de representar os níveis de cada variável dinamicamente. Os passos abaixo foram metodologicamente necessários para mensurar o poder preditivo dos alertas emitidos pela aplicação tecnológica.

#### 2.3.3.1 Coleta de dados

Para validação do software, foi necessária a coleta de dados baseada na interoperabilidade entre os bancos de dados do serviço e da pesquisa, sendo avaliadas as tecnologias de gerenciamento de banco de dados utilizados pela unidade de saúde e a de um servidor capaz de realizar consultas para fins estatísticos, armazenando os resultados na base de dados de pesquisa.

#### 2.3.3.2 Definição das técnicas estatísticas

A estatística se tornou importante para todas as áreas, não restrita aos campos dos negócios e métodos científicos, que busca auxiliar nas diversas áreas de desenvolvimento humano. No campo da bioestatística, o processo é constituído, em resumo, da formulação de hipóteses, planejamento e coleta de dados e a tomada de decisões baseada em análise estatística.

#### 2.3.3.2.1 Métodos descritivos para dados categóricos

Algumas características biológicas podem ser classificadas em duas categorias possíveis como presença e ausência, masculino e feminino, óbito e sobrevivente, fumante e não fumante. Esses valores são mutuamente exclusivos, classificando a observação em uma característica ou outra. Para o resumo de uma série, é necessária estabelecer uma proporção de ocorrências (x) em relação ao número total de observações (n), estabelecida por.

$$p = \sum \frac{x}{n}$$

Outra utilidade para proporção pode ser observada na avaliação de testes diagnósticos que tem propósito de classificação de pacientes em saudáveis e doentes, por exemplo. No entanto, praticamente todos os testes existentes são imperfeitos por apresentarem números consideráveis de doentes não diagnosticados ou diagnósticos falhos nos quais o paciente não apresenta a doença de fato. Nesse sentido, os conceitos de sensitividade e especificidade do teste devem ser abordados.

A sensitividade é a proporção de detecções em relação a todos os indivíduos doentes, sendo os não detectados (resultados negativos), porém doentes, denominados falsos negativos.

$$sensibilidade = \frac{n\'umero\ de\ indiv\'iduos\ com\ diagn\'ostico\ positivo}{total\ de\ indiv\'iduos\ doentes}$$

A especificidade é a proporção de indivíduos com diagnóstico negativo em relação ao total de indivíduos saudáveis, sendo os indivíduos detectados (resultados positivo), porém saudáveis, denominados falsos positivos.

$$especificidade = \frac{n\'umero\ de\ indiv\'iduos\ com\ diagn\'ostico\ negativo}{total\ de\ indiv\'iduos\ saud\'aveis}$$

#### 2.3.3.2.2 Métodos descritivos para dados numéricos

As medidas ou características das observações de cada indivíduo da pesquisa são denominadas variáveis, que podem ser do tipo discreta ou contínua. Exemplos no campo da biologia e medicina comumente utilizados são: peso, altura, pressão arterial, número de batimentos cardíacos. Alguns métodos são muito interessantes para se analisar uma amostra, auxiliando no processo de interpretação dos dados.

A distribuição de frequência é uma técnica, na qual os dados são agrupados em intervalos de uma determinada variável e - para cada grupo - utiliza-se a medida de resumo de contagem das ocorrências. Um bom exemplo para essa técnica é a contagem do número de óbitos, agrupados por idade, gerando uma tabela de frequências.

Outra técnica chamada Histograma utiliza os mesmos resultados da tabela de distribuição de frequência para produção de um gráfico bidimensional. Sua característica principal é conter, no eixo das abcissas, os intervalos que a variável de agrupamento pode assumir. Já no eixo das ordenadas, o valor representado para cada intervalo é relativa à contagem de ocorrências de determinada variável de interesse.

Tabela 3 – Exemplo de tabela de distribuição.

Idade	Número de óbitos
<1	10
1-4	12
5-10	18
11-14	18
15-18	12
Total	70

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Exemplo de Histograma 20 18 16 14 12 10 8 6 4 2 0 **□**<1 **□**1-4 **□**5-10 **□**11-14 **□**15-18

Figura 7 – Exemplo de Histograma.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### 2.3.3.2.3 Métodos numéricos

Gráficos e tabelas auxiliam em várias situações. No entanto, é necessário que métodos numéricos sejam aplicados em uma amostra, com o objetivo de diminuir a quantidade de dados a serem mostrados, resumindo em poucas medidas como a média, toda a casuística.

A média é o mais utilizado método numérico de centro, que é computada pelo somatório de todos os elementos do conjunto, seguido da divisão pelo número de elementos somados, como mostra a fórmula abaixo:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Outro método numérico de centralidade é a mediana. Seu processo consiste em ordenar um conjunto e obter a observação que tem exatamente metade das observações abaixo de seu valor e acima de seu valor. Trata-se de um método que leva em consideração a posição e por isso, seu resultado não é afetado por valores das extremidades. Na figura 8 encontra-se um exemplo do processo numérico da mediana.

Figura 8 – Cálculo da mediana

2 | 4 | 8 | 9 | 12 | 15 | 17 |

50% | 50% |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Após se obter uma medida de centro, como a média, é comum o interesse na medida de dispersão, ou seja, o grau de variação em relação à média. Tais medidas são muito comum nos métodos de inferência estatística. A variância representa a soma dos quadrados da diferença entre cada observação em relação à média. No entanto, como as observações podem assumir valores negativos, é necessário elevar ao quadrado para manter o somatório. Assim, a fórmula da variância é dada por:

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Contudo, a variância tem análise de unidade dada pelo quadrado da unidade da amostra. Um exemplo pode ser visto com uma amostra de medidas de contagem de dias, que terá a variância com unidade de dias, elevado ao quadrado. Portanto, por conveniência para a análise, deve-se utilizar o desvio padrão, dado pela raiz quadrada da variância:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Além do histograma, uma representação gráfica útil é o *boxplot*. Trata-se de um gráfico que consegue resumir a localidade, grau de assimetria e distribuição da amostra, podendo ser útil também para identificação de valores muito distantes da maioria, comumente chamados de *outliers*. O *boxplot* consiste em uma caixa central que representa os percentis de 25 a 75. Dentro da caixa, há uma marcação referente à mediana. Há também uma alça que indica o valor de 1,5 vezes o intervalo interquartil, bilateralmente, como demonstra a figura 9.

Figura 9 – Exemplo de *bloxplot*.

25% Mediana 75%

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

#### 2.3.3.2.4 Estimação de parâmetros

O alvo de uma pesquisa científica é definir uma característica de interesse em uma população ou amostra. Um bom exemplo é o nível de uma determinada substância no sangue, com o objetivo de investigar algum fator fisiológico associado. Uma característica numérica de uma população é denominada parâmetro. Porém, é muito custoso realizar censos para obter dados de toda uma população. Esse fato justifica a prática da inferência estatística,

responsável por possibilitar o estudo da população baseada em amostras, através de estimação e comparações de parâmetros de duas amostras com a utilização de testes estatísticos de significância.

#### 2.3.3.2.5 Testes estatísticos de significância

Quando um parâmetro estimado, precisa ser comparado com um valor proposto por uma hipótese, é estabelecido o quão longe ou próximo esses valores estão. Para tanto, é necessário que se formule uma hipótese, na qual se pretenda verificar a significância estatística.

Uma hipótese consiste em uma afirmação sobre uma distribuição ou quanto à relação entre diferentes distribuições, ou mesmo se os parâmetros estimados das amostras estão distantes. Consequentemente, denomina-se por hipótese nula, aquela que deve ser testada. A decisão a ser tomada resulta em aceitar ou rejeitar a hipótese nula (Ho). Como exemplo, podese testar se a média de uma amostra é equivalente à média de outra amostra. Por outro lado, a hipótese alternativa (Ha) representa o oposto de Ho, contradizendo-a. Caso a Ho seja refutada, a amostra deve apresentar uma forte evidencia para sustentar a hipótese alternativa.

Por fim, os testes estatísticos são de grande importância para a ciência, uma vez que várias interpretações são possíveis aos resultados provenientes dos métodos descritivos. Nesse sentido, os testes estatísticos fornecem uma metodologia padronizada para tomada de decisões, podendo ser consistente para todos. As decisões são feitas utilizando uma amostra de dados que são resumidas por estatísticas e estimadores, como a média  $\mu$ , na qual um bom estimador é o x. Neste contexto ele é chamado de teste estatístico, utilizado para medir a diferença entre a amostra e o esperado, caso a hipótese nula seja verdadeira.

Essa estatística é considerada uma evidência que, no entanto, varia de amostra para amostra. Então, o valor observado é convertido para uma unidade padronizada dada pelo número de erros padrão no qual x está longe do valor hipotético de Ho. Assim, a lógica do teste se baseia na contradição, utilizada para mostrar o quanto a hipótese nula é pouco aceitável, devendo então ser rejeitada.

#### 2.3.3.2.6 Tipos de erros

A hipótese nula Ho deve assumir dois valores, verdadeiro ou falso. Já a decisão pode ser de rejeição ou não rejeição da hipótese nula, totalizando quatro possibilidades: não rejeitar

Ho, sendo Ho verdadeira; não rejeitar Ho, sendo Ho falsa; rejeitar Ho, sendo Ho verdadeira; não rejeitar H0, sendo Ho falsa. Há duas decisões corretas: Não rejeitar Ho, sendo Ho verdadeira e rejeitar Ho, sendo Ho falsa. Já os dois equívocos são chamados: Erro do tipo I: rejeitar Ho, sendo Ho verdadeiro; Erro do tipo II: não rejeitar Ho, sendo Ho falsa.

Um objetivo claro dos testes de hipóteses é reduzir ao máximo as probabilidades de cometer o erro do tipo I (chamado  $\alpha$ ) e o erro do tipo II (chamado  $\beta$ ). Assim, é fixado  $\alpha$  em um nível de significância padrão e tem-se  $\beta$  controlado pelo tamanho da amostra.

No entanto, é mais comum nos depararmos com a estatística "p-valor" ou "p-value", tanto em livros, quantos nos softwares destinados à estatística. Trata-se da probabilidade de cometer o erro do tipo I, ou seja, o valor de  $\alpha$ . Essa chance é dada por uma exaustiva verificação do menor valor possível de  $\alpha$ , no qual representa a chance, supondo Ho verdadeira, das diferenças encontradas serem ao acaso. Assim, quando fixamos um  $\alpha$  (comumente fixado em 5% ou 0,05), obtemos o p-valor e decidimos por rejeitar Ho se p< $\alpha$ .

#### 2.3.3.2.7 Verificação de normalidade

Alguns testes estatísticos utilizados neste trabalho dependem diretamente da normalidade da amostra. Com o resultado da verificação da normalidade, é possível definir quais os testes adequados, com a finalidade de minimizar erros de inferência.

Um dos métodos de verificação de normalidade é o Kolmogorov-Smirnov, caracterizado pela hipótese nula Ho: a distribuição da amostra pode ser considerada como tendo distribuição normal. Assim, se o p-valor for maior que 5%, pode-se dizer que a amostra possui distribuição normal. O teste t para comparação de médias de amostras, por exemplo, depende que as amostram assumam distribuições normais. Já o teste Wilcoxon Rank-Sum pode ser aplicado em amostras com distribuições independentes..

#### 2.3.3.2.8 Comparação de duas médias

Uma das questões mais comuns na inferência estatística é a comparação de médias, utilizando duas amostras independentes, de forma que não é obrigatório que as mesmas não possuam o mesmo número de observações. Nesse teste a hipótese nula é dada por:

*Ho*: 
$$\mu_1 = \mu_2$$

Já a hipótese alternativa depende se o teste será unicaudal ou bicaudal, respectivamente dado por I e II:

$$I - \text{Ha: } \mu_2 > \mu_1$$
  
 $II - \text{Ha: } \mu_1 \neq \mu_2$ 

O cálculo da estatística t é dado por:

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\left(\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

O número de graus de liberdade é dado por:

$$DF = n_1 + n_2 - 1$$

Assim, com um nível de significância fixado e de posse dos resultados dos cálculos, pode-se fazer as seguintes verificações:

Para o teste monocaudal, Ho é rejeitado se:

$$t \leq -valor tabulado para Ha: \mu_2 < \mu_1$$

Ou

$$t \ge valor tabulado para Ha: \mu_2 > \mu_1$$

Para o teste bicaudal, o nível de significância a ser considerado para buscar um valor na tabela é exatamente a metade do valor fixado. Dessa forma, para rejeitar Ho:

$$t \leq -valor tabulado ou t \geq valor tabulado para Ha: \mu_2 \neq \mu_1$$

#### 2.3.3.2.9 Curva de Receiver Operating Characteristic (ROC)

Como visto anteriormente, as medidas de sensibilidade e especificidade são utilizadas para cálculo de pontos de cortes, dispostos no plano, com valores de sensibilidade no eixo das ordenadas e complemento da especificidade (1 – especificidade) no eixo das ordenadas. Assim, o melhor desempenho possível é expresso por uma reta com inicio no ponto de posição x= 0, y= 1 e coeficiente angular com valor 0. Já a reta que se inicia na origem com coeficiente angular com valor 1 é característica de um desempenho de classificação aleatória. As curvas intermediárias das situações anteriores são classificadas como de bom poder preditivo, enquanto situações de curvas abaixo da linha diagonal são consideradas com mau desempenho. A figura 10 mostra curvas com desempenho satisfatório.

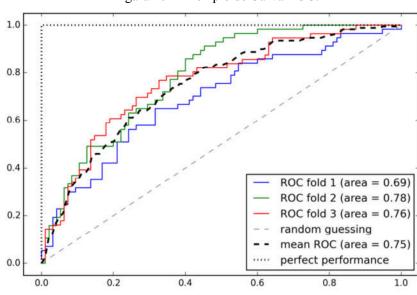


Figura 10 – Exemplo de Curva ROC.

Fonte: Raschka, 2015

#### 2.3.3.3 Técnicas de aprendizado de máquina

#### 2.3.3.1 Redes Bayesianas e Naive Bayes

Algoritmo probabilístico que relaciona os dados de uma amostra de treinamento com base no teorema de Bayes. A classificação define o rótulo mais provável baseado nos atributos de entrada da observação. A estimativa é dada basicamente pelo produtório do total de possibilidades de ocorrer um evento e todas as suas possibilidades dependentes de outras variáveis (LACERDA; DE PÁDUA BRAGA, 2004).

#### 2.3.3.2 Algoritmo K-Nearest Neighbor

Como o próprio nome sugere, o algoritmo classifica uma observação de acordo com os N vizinhos mais próximos em um espaço multidimensional de M dimensões, sendo utilizado para modelagem de classificadores não lineares (LARRANAGA, 2006). O número de M dimensões corresponde ao número de atributos de cada observação. O número de vizinhos é definido arbitrariamente e preferencialmente definido por um número ímpar, evitando empates da classificação. A figura 11 permite a exemplificação da diferença na classificação baseada em uma regressão logística e o algoritmo *K-Nearest Neighbor* (KNN).

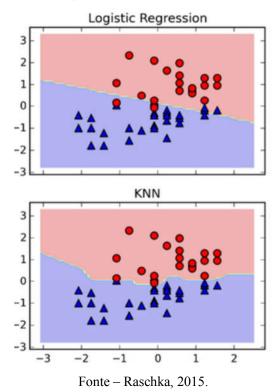


Figura 11 – Comparação entre Regressão Logística e KNN.

## 2.3.3.4 Avaliação do modelo preditivo

Para a avaliação do modelo preditivo, a amostra original é dividida em duas partes: treinamento e testes. Não há um valor determinado para a proporção das partes, sendo comumente reservados de 25% a 30% que não devem participar do treinamento. Assim, a possibilidade de viés é minimizada, possibilitando maior confiabilidade nos resultados. A figura 12 ilustra dois tipos de divisão para avaliação do poder preditivo, de forma que em um deles há uma terceira divisão, reservada para validação do treinamento.

Training set

Training set

Validation set

Training, tuning, and evaluation

Machine learning algorithm

Predictive Model

Final performance estimate

Figura 12 – Divisão dos dados para treinamento e teste do modelo.

Fonte: Raschka, 2015.

## 2.3.3.5 Proposta de modelo estatístico para predição de óbito em pacientes de trauma

Após o treinamento de cada uma das variáveis fisiológicas, cada observação foi classificada em uma variável dicotômica, com valores 0 ou 1, respectivamente categorias sobrevivente e não sobrevivente. Dessa forma, através do treinamento que é capaz de estabelecer um padrão entre a serie temporal de um parâmetro fisiológico e o desfecho clinico, o classificador é capaz de rotular uma nova observação como mostra a figura 13.

Variável 6-12h 12-18h Creatinina Observação até 6h 18-24h 24-30h 1,0 1,4 0,6 0,9 1,2 0,9 1,6 0,8 1,4 1,3 1,2 ... 1,0 1,2 Variável Observação 6-12h 12-18h 18-24h Variável 24-30h Classificação Plaguetas Observação até 6h 6-12h 12-18h 18-24h ... 

Figura 13 – Exemplo de séries temporais e classificação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Realizando o somatório dos valores das classificações, foi possível obter uma escala de 0 a S, sendo S o número total de variáveis envolvidas, como mostra a equação abaixo.

$$Score = \sum_{i=1}^{S} x_i$$

Para exemplificar, a figura 14 demonstra um conjunto de dados com 3 variáveis fisiológicas — Frequência Respiratória, Plaquetas e Creatinina — e a cada linha, uma observação contendo para cada coluna, a resposta do classificador baseado no algoritmo KNN ou Naïve Bayes.

Figura 14 – Exemplo de cálculo de Score

Observação	Creatinina	FR	Plaquetas	Score
567	0	1	1	2
7634	1	0	0	1
9876	1	0	1	2
7689	0	1	0	1
23453	0	0	0	0

Fonte – Elaborado pelo autor (2019).

## 3 RESULTADOS

## 3.1 Valores Críticos e Índices Prognósticos

A amostra da revisão literária foi composta por 62 (100%) estudos, entre os quais 60 (96,77%) da área médica e dois (3,23%) da área interdisciplinar. Todos foram publicados em língua inglesa e originários dos continentes Europeu, Asiático, Africano, Americano. Entre eles três foram oriundos do Brasil. O primeiro estudo foi publicado em 1987 e o último em 2017. Entre os anos de 2013 a 2017 a amostra concentrou 25,81% das pesquisas analisadas. Quanto ao método, a maior parte dos estudos 42 (67,74%) é descritivos, seguidos de metodológico 16 (25,81%), Revisão Narrativa três (4,84%) e um (1,61%) Ensaio Clínico. No que diz respeito à amostra estudada, 43 (69,35%) pesquisas foram realizadas com pacientes adultos de trauma geral, 5 (8,06%) pesquisas com pacientes de traumas múltiplos, 2 (3,22%) pesquisas com pacientes de traumas severos, 5 (8,06%) com pacientes de trauma geral admitidos em UTI, e 4 (6,45%) pacientes traumáticos com outras especificidades. A tabela 4 apresenta os estudos segundo a identificação, ano de publicação, autoria, amostra estudada e tipo de estudo.

Entre os estudos, foram identificados diversos índices preditores de gravidade. A tabela 5 demonstra a identificação do estudo, segundo os índices e/ou variáveis fisiológicas utilizadas. Além disso, foi possível identificar um número amostral relevante e resultados e conclusões que demonstram a efetividade de sua aplicação. A tabela 6 apresenta os estudos analisados de acordo com o objetivo, amostra do estudo, metodologia e principais resultados e conclusões.

Tabela 4 – Estudos analisados segundo identificação, ano de publicação, autoria, tipo de estudo e amostra.

Id	Ano	Autor	Tipo De Estudo	Amostra
1	2017	Ishikawa et al (2017)	Estudo descritivo retrospectivo	151 pacientes de trauma geral.
2	2016	Weeks et al (2016)	Estudo descritivo prospectivo	4716 pacientes de trauma geral.
3	2016	Lam et al (2016)	Estudo metodológico prospectivo	3737 pacientes de trauma geral.
4	2016	Salehpour et al (2016)	Estudo descritivo prospectivo	80 pacientes de trauma de crânio.
5	2016	Beitl (2016)	Estudo descritivo prospectivo	93 pacientes de politrauma
6	2016	Saad et al (2016)	Estudo descritivo retrospectivo	282 pacientes de politrauma.
7	2015	Ohmori et al (2015)	Estudo descritivo retrospectivo	251 pacientes de trauma geral
8	2015	Dezman et al (2015)	Estudo descritivo prospectivo	18304 pacientes de trauma geral.
9	2015	Raimundo et al (2015)	Estudo descritivo retrospectivo	790 pacientes com trauma renal agudo
10	2015	Brown et al (2015)	Estudo metodológico retrospectivo	33 pacientes vítimas de trauma geral
11	2014	Kahloul et al (2014)	Estudo descritivo prospectivo	1136 pacientes de trauma geral.
12	2014	Parsikia et al (2014)	Estudo descritivo retrospectivo	1941 pacientes de trauma geral.
13	2014	Hagemo et al (2014)	Estudo descritivo prospectivo	1133 pacientes de trauma geral.

14	2014	Ahun et al (2014)	Estudo descritivo prospectivo	100 pacientes de trauma grave.
15	2014	Han et al (2014)	Estudo descritivo prospectivo	300 pacientes com traumatismo craniano
	2012	N (2012)		0500
16	2013	Majercik et al (2013)	Estudo descritivo retrospectivo	9583 pacientes de trauma geral.
17	2012	Goodmanson et al (2012)	Estudo descritivo retrospectivo	104015 pacientes de trauma geral
18	2011	Mitra et al (2011)	Estudo metodológico retrospectivo	1680 pacientes de trauma geral.
19	2010	Bahrami et al (2010)	Estudo descritivo retrospectivo	72 pacientes de trauma geral.
20	2010	Fueglistaler et al (2010)	Estudo descritivo prospectivo	506 pacientes de trauma geral.
21	2010	Schluter et al (2010)	Estudo metodológico retrospectivo	2350596 pacientes de trauma geral.
22	2010	Bochicchio et al (2010)	Estudo metodológico prospectivo	2200 pacientes admitidos em UTI
23	2009	Kreutziger et al (2009)	Estudo metodológico retrospectivo	1675 pacientes com múltiplos traumas
24	2009	Jastrow et al (2009)	Estudo descritivo prospectivo	48 pacientes de trauma geral.
25	2009	Beilman et al (2009)	Estudo descritivo prospectivo	359 pacientes de trauma geral.
26	2009	Dossett et al (2009)	Estudo descritivo prospectivo	1019 pacientes de trauma geral.
27	2009	Cannon et al (2009)	Estudo descritivo retrospectivo	2445 pacientes de trauma geral.

28	2008	Dossett et al (2008)	Estudo descritivo prospectivo	991 pacientes de trauma geral
29	2008	Calvete et al (2008)	Estudo descritivo prospectivo	40 pacientes de trauma geral
30	2008	Duane et al (2008)	Estudo descritivo retrospectivo	134 pacientes de trauma geral
31	2008	Osler et al (2008)	Estudo metodológico retrospectivo	702229 pacientes de trauma geral
32	2008	Honarmand; Safavi (2008)	Estudo descritivo prospectivo	110 pacientes de trauma geral
33	2008	Wahl et al (2008)	Ensaio clinico prospectivo	531 pacientes adultos de trauma geral admitidos em UTI
34	2008	Giannoudis et al (2008)	Estudo descritivo prospectivo	48 pacientes adultos de trauma geral
35	2007	Bochicchio et al (2007)	Estudo descritivo prospectivo	896 pacientes de trauma geral
36	2007	Fischler et al (2007)	Estudo descritivo prospectivo	960 pacientes adultos, sendo 299 de trauma de cabeça e 208 de múltiplos traumas.
37	2006	Bouamra et al (2006)	Estudo metodológico retrospectivo	100399 pacientes de trauma geral
38	2006	Moore et al (2006)	Estudo descritivo retrospectivo	22388 pacientes de trauma geral
39	2005	Sung et al (2005)	Estudo descritivo prospectivo	1003 pacientes de trauma admitidos em UTI.
40	2004	Reiter et al (2004)	Estudo metodológico prospectivo	5538 pacientes de trauma geral admitidos em UTI.

41	2004	Miller et al (2004)	Estudo descritivo retrospectivo	516 pacientes de trauma geral admitidos em UTI
42	2003	Yendamuri; Fulda; Tinkoff (2003)	Estudo descritivo retrospectivo	738 pacientes de trauma geral
43	2003	Macleod et al (2003)	Estudo descritivo retrospectivo	20103 pacientes de trauma geral.
44	2003	Cerović et al (2003)	Estudo descritivo prospectivo	98 pacientes de trauma severo
45	2003	Whitaker; Gennari; Whitaker (2003)	Estudo descritivo retrospectivo	1533 pacientes de trauma geral
46	2003	Hensler et al (2003)	Estudo descritivo prospectivo	137 pacientes de trauma geral
47	2002	Kuhls et al (2002)	Estudo metodológico retrospectivo	9539 casos de trauma geral
48	2002	Clark; Ryan (2002)	Estudo metodológico retrospectivo	2646 pacientes de trauma geral
49	2002	EL-Masri et al (2002)	Estudo descritivo retrospectivo	190 pacientes de trauma geral
50	2001	Rainer et al (2001)	Estudo descritivo prospectivo	164 pacientes de trauma geral
51	2000	Balogh et al (2000)	Estudo metodológico prospectivo	558 pacientes de trauma geral
52	2000	Rixen; Siegel (2000)	Estudo descritivo prospectivo	80 pacientes com múltiplos traumas.
53	2000	Dirusso et al (2000)	Estudo metodológico retrospectivo	10609 pacientes de trauma geral
54	1999	Kerner et al (1999)	Estudo descritivo prospectivo	51 pacientes de trauma múltiplo

55	1999	Hurr et al (1999)	Estudo descritivo retrospectivo	113 pacientes de trauma geral.
56 57	1999 1998	Junior et al (1999) Wyatt; Beard; Busuttil (1998)	Revisão Narrativa Revisão Narrativa	-
58	1995	Milham et al (1995)	Estudo metodológico prospectivo	1708 pacientes de trauma geral.
59	1994	Sauaia et al (1994)	Estudo metodológico prospectivo	8838 pacientes de trauma geral.
60	1993	Rutledge et al (1993)	Estudo descritivo prospectivo	428 pacientes de trauma geral
61	1992	Vassar et al (1992)	Estudo metodológico prospectivo	1018 pacientes de trauma geral.
62	1987	Boyd; Tolson; Copes (1987)  Fonte: F	Revisão Narrativa Slaborado pelo autor (2019).	-
Tonce. Endouado pero autor (2017).				

Tabela 5 – Estudos analisados segundo amostra divididos em índices de trauma e variáveis fisiológicas.

Estudos	Índice abordado	Definição
1, 2, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 22, 23,24 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, 39, 41, 42, 44, 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60	Injury Severity Score (ISS)	Índice de gravidade classificado como anatômico por levar em consideração as lesões provocadas nos vários seguimentos do corpo. Determinado através de exame físico, testes radiológicos, cirurgia e autopsia.
3, 6, 14, 18, 20, 21, 23, 26, 28, 37, 40, 44, 47, 56, 58, 61	Trauma Injury Severity Score (TRISS)	Índice que procura associar o RTS (fisiológico) ao ISS que é o índice anatômico e ainda leva em consideração a idade e os mecanismos de trauma.

2,11, 14, 18, 20, 23, 29, 37, 38, 44, 47, 56, 58	Revisited Trauma Score (RTS)	É um índice classificado como fisiológico, por levar em consideração os parâmetros das funções vitais do paciente. Surgiu como uma evolução do Trauma Score (TS), criado em 1981. Composto por Escala de Coma de Glasgow, Pressão Arterial Sistólica e Frequência Respiratória.
9, 19, 22 25, 26, 28, 29 54, 55, 60, 61	APACHE II	Índice Fisiológico utilizado em UTI
7, 20, 23, 31, 38, 48, 55, 58	Abbreviated Injury Scores (AIS)	É uma lista de milhares de lesões, cada uma com valor de gravidade variando de 1 a 6 (sendo 1= leve e 6= quase sempre fatal). O organismo, para efeito de índice, é dividido em 6 regiões: 1- cabeça e pescoço, 2- face, 3- tórax, 4-abdome/ conteúdo pélvico, 5- extremidades e anel pélvico, 6- geral ou externo.
11,18 32 34 45, 51	New Injury Severity Score (NISS)	Aprimoramento do ISS. Baseado nos três traumas mais severos independentemente da região do corpo
11, 19, 20, 36, 40	SAPS II	Índice fisiológico de gravidade e estimador de mortalidade.
9, 20, 29	SOFA	Índice Fisiológico cálculado na admissão de Pacientes Em UTI, utilizando Fração De Oxigênio, Pressão De Oxigênio, Uso De Ventilação Mecânica, Plaquetas, Bilirrubina, Escala de coma de Glasgow, Pressão arterial sistólica, creatinina e volume de urina para o calculo.
27, 44	Shock Index	O Shock Index é a relação entre frequência cardíaca / pressão arterial sistólica. Utilizada para avaliação da circulação.

3, 23 56	A Severity Characterization of Trauma (ASCOT)	Índice que utiliza Escala de Coma de Glasgow, pressão arterial sistólica e frequência respiratória, porém utiliza diferentes pesos para casos de trauma contuso e penetrantes.
38, 44	T-RTS	Alteração do RTS, com objetivo de facilitar o cálculo para triagem sem o uso das constantes do RTS.
34	SIRS	Prever mortalidade em pacientes de trauma classificado de 1 a 4, na admissão. Varáveis consideradas no SIRS: Temperatura, Frequência Cardíaca, Frequência Respiratória, Número de Neutrófilos.
14	MGAP	Índice proposto em evolução ao GAP, melhorando a acurácia ao levar em consideração o Mecanismo de Trauma.
3	Base deficit and Injury Severity Score (BISS)	BISS é um modelo preditivo que considera medidas de défict de base e ISS para cálculo de gravidade.
52	Kampala Trauma Score (KTS)	KTS é um índice de trauma que utiliza idade, Pressão arterial sistólica, Frequência respiratória, Avaliação neurológica e quantidade de lesões traumáticas com pontuação AIS maior ou igual a 3.
60	Trauma Score (TS)	TS é utilizado para triagem, sendo seu calculo rápido utilizando as informações físiológicas.
14	GAP	GAP é composto pela avaliação da Escala de Coma de Glasgow, Idade e Pressão Arterial Sistólica.

6	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation IV	Evolução dos modelos APACHE anteriores, sendo acrescentado informações como comorbidades, uso de ventilação mecânica, pressão de oxigênio e fração inspirada de oxigênio.
18	Coagulopathy of Severe Trauma (COAST)	COAST avalia compressão de nervos ou vasos sanguíneos, temperatura, pressão arterial sistólica, presença de trauma abdominal ou pélvica e descompressão de tórax, para identificar pacientes com coagulopatia aguda traumática.
36	Mortality Probability Model (MPMII)	MPMII avalia o estado neurológico, função renal, infecções, uso de ventilação mecânica, tempo de protrombina, débito urinário, uso de drogas vasoativas.
45	IMPACT	Modelo de predição específico para trauma de cabeça que se utiliza de idade, componente motora da escala de coma de Glasgow, reflexo pupilar, características da tomografia computadorizada, níveis de glicose e hemoglobina.
45	CRASH	Índice que verifica idade, escala de coma de Glasgow, reflexo pupilar, presença de lesão grave e observações da tomografia computadorizada.

# Variáveis Fisiológicas

Estudos	Nome da variável	Definição
1, 4, 8, 12, 26, 33, 41, 44, 47, 48, 52,	Escala de Coma de Glasgow	A Escala de Coma de Glasgow (ECG) define o nível de consciência mediante a
53, 58, 59		observação do comportamento, baseando-se em um valor numérico que leva em conta
		a resposta ocular, motora e o nível de consciência.

4, 6, 22, 23, 30, 33, 35, 39, 41, 42	Glicose	Preditor de mortalidade e de morbidade infecciosa (pneumonia, Infecção do Trato Urinário, Infecção de Feridas e Bacteremia) tanto para pacientes com glicemia moderada como para glicemia branda. Hiperglicemia moderada glicose na admissão > 200 mg/dL. Hiperglicemia branda/suave ( <i>mild</i> ) glicose na admissão > quartil do grupo (concentração de glicose > 135mg/dl).
12, 20, 29, 39, 42 44, 49	Tempo de Internação em UTI	O Tempo de Internação em UTI é correlacionado com o risco de óbito, severidade das lesões, tipo de trauma.
5, 6, 8, 9, 12, 30, 44, 52	Lactato	Possui relação com a severidade do trauma e o tempo de sobrevida do paciente. Os pacientes que possuem pior prognóstico, possuem lactato acima de 2 mmol/L.
12, 20, 29, 39, 42, 49, 54	Tempo de Hospitalização (TH)	TH tem correlação com a gravidade, risco de óbito e risco de infecção nosocomial.
8, 29, 48, 53	Pressão Arterial Sistólica (PAS)	PAS tem um nível de referência < 120 mmHg e é comum em casos traumáticos sua elevação em resposta ao estresse.
8, 29, 53, 54	Frequência Cardíaca (FC)	FC normais variam de 50 a 100 bpm
1, 6, 13, 24, 41, 52, 59	Déficit e Excesso de Base (BE)	Valores abaixo de -3 mEq/L indicam déficit de base. Valores superiores a 3 mEq/L indicam excesso de base
7, 24, 43	TP/INR	Avalia a capacidade sanguínea de coagulação. Indicador de coagulopatia se TP>13,5 segundos e INR>1.2

25, 26, 54	Temperatura	Hipotermia (< 35°C) é um fator de risco significante para disfunções orgânicas múltiplas
26, 29, 59	Creatinina	O aumento de níveis de creatinina, indicam diminuição da função renal. Os valores de referência são menores que $1,4~\text{mg/dL}$ .
12, 53	Frequência Respiratória	Valores críticos <9 e > 29 ipm.
24, 43	Plaquetas	Responsáveis pela coagulação sanguínea, importantes no processo de hemostasia. Valores baixos (< 150.000 /mm3) podem indicar hemorragia.
1, 7, 13	Fibrinogênio	Solicitado para esclarecer possíveis distúrbios hemorrágicos, associados a valores alterados de TP, INR e TTPa. Valores anormais <200 e >400 mg/dL
29, 58	pH Arterial	O pH arterial obtido na admissão e corrigido por PCO2 é um preditor independente de sobrevivência. Valores críticos para pH Arterial <= 7
7, 43	ТТРА	Auxilia na avaliação da via intrínseca e via comum, que envolvem os fatores de coagulação. Indicador de coagulopatia se TTPA >38 segundos
9	Saturação Oxigênio	Valores críticos < 94 %
59	Bilirrubina	O aumento da bilirrubina (>2 mg/dL) é presente em casos traumáticos que desenvolvem falha hepática

46	Procalcitonina	Procalcitonina aumentada (>2 ng/mL) esta relacionada com infecções e resposta a estresse.
53	Hematócrito	Porcentagem de glóbulos vermelhos ou hemácias, no volume total de sangue. O hematócrito baixo pode indicar a presença de sangramento (Valores <35-50%)
16	Largura de distribuição de glóbulos vermelhos (RDW)	Largura de distribuição de glóbulos vermelhos é uma medida da quantidade que as células vermelhas do sangue variam em tamanho. Valores críticos $<11,5$ e $>14,5$ %
9, 24	Hemoglobina	Utilizado para avaliação geral de saúde e verificar necessidade de transfusão sanguínea. Valores críticos $<$ 12 e $>$ 18 d/dL
9	Pressão Arterial Média	Média de pressão obtida durante o ciclo cardíaco
46	Neopterina	Níveis de Neopterina se relacionam com a função renal reduzida observada no sangue. Tem relação com sepse e falência múltipla de órgãos, podendo ser observada junto a creatinina. Valores críticos > 10 mmol/L
28	Estradiol	Estradiol tem níveis reduzidos associados a estresse. Valores críticos > 45 pg/dL
19	Amino-terminal pro-peptídeo (NT-proCNP)	Níveis elevados de NT-proCNP estão associados a sepse. Valores críticos <1,6 e > 3,1 pmol/L
29	PO2	Valores críticos < 90 mmHg
54	Leucócitos	Responsáveis pela resposta imunológica do organismo em caso de infecções. Valores críticos < 4 e > 11 % x 1000/mm3

**29** PCO2

Valores críticos entre 25 e 35 mmHg

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Tabela 6 – Estudos analisados segundo objetivo, método e principais resultados e conclusões.

ID Artigo	Objetivo	Amostra	Método	Principais resultados e conclusões
1	Comparar os níveis de fibrinogênio em grupos de sobreviventes e não sobreviventes	151 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo retrospectivo	Foi constatado um nível maior de fibrinogênio em pacientes não sobreviventes. Também foi possível estabelecer correlação entre fibrinogênio e ISS.
2	Verificar o poder de predição do modelo Kampala Trauma Score modificado que é um índice de trauma que considera idade, pressão arterial sistólica, avaliação neurológica, número de lesões graves (AIS>3) e comparar com a predição de índices anatômicos (ISS e NISS).	4716 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo prospectivo	A modificação proposta neste estudo representa uma ferramenta para auxilio da avaliação clínica e risco de mortalidade em trauma.
3	Propor um modelo denominado BISS, que une o ISS e avaliação de medidas de BE.	3737 pacientes de trauma geral.	Estudo metodológico prospectivo	O poder de discriminação do modelo BISS foi similar aos resultados de <i>A Severity Characterization of Trauma</i> (ASCOT) e TRISS

4	Avaliar a relação entre níveis séricos de glicose na admissão com desfecho clínico.	80 pacientes de trauma de crânio.	Estudo descritivo prospectivo	Traz um resultado negativo, que afirma não haver relação entre níveis de glicose sérico e desfecho clínico em pacientes de trauma severo de cabeça.
5	Propor Oxido Nítrico (NO) como um indicador de gravidade para politrauma	93 pacientes de politrauma	Estudo descritivo prospectivo	Níveis elevados de Oxido Nítrico e lactato no sangue predizem estado grave, enquanto que lactato muito elevado e NO normal combinados sinalizam para óbito.
6	Comparar níveis de glicose, lactato sérico e déficit de base (DB) como parâmetros simples para predição de mortalidade.	282 pacientes de politrauma.	Estudo descritivo retrospectivo	Níveis alarmantes de glicose venosa, lactato sérico e déficit de base são preditores bioquímicos de mortalidade em pacientes politraumatizados.
7	Comparar marcadores de coagulação incluindo o nível de fibrinogênio na admissão, em pacientes traumáticos jovens e idosos com alta gravidade.	251 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo retrospectivo	Os níveis de fibrinogênio em pacientes de alta gravidade são mais baixos em jovens e de dificil predição para pacientes idosos.

8	Determinar se, pacientes traumatizados com valores de Lactato alterado, tem maior taxa de mortalidade nas primeiras 24h.	18304 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo prospectivo	A medida inicial de lactato pode constituir um método para avaliação e estratificação de risco para pacientes traumáticos.
9	Investigar associação entre parâmetros hemodinâmicos em trauma renal agudo precoce e a progressão para trauma renal agudo severo e sua relação com mortalidade hospitalar.	790 pacientes com trauma renal agudo	Estudo descritivo retrospectivo	Altos níveis de <i>Indexed systemic oxygen delivery</i> (DO2I) e <i>Mean arterial blood pressure</i> (MAP) foram associados com baixo risco de progressão do estágio de trauma renal agudo
10	Apresentar modelos de equações diferenciais ordinais que representam um paciente de trauma em quadros clínicos de inflamação, disfunção orgânica e desfecho clinico.	33 pacientes vitimas de trauma geral	Estudo metodológico retrospectivo	Elevados níveis de <i>interleukin</i> -6 (IL-6) no sangue após o trauma, foram associados ao tempo de hospitalização, disfunção múltipla de órgãos, previstos pelo modelo desenvolvido.
11	Comparar os modelos anatômicos de predição ISS e NISS com dois modelos baseados em fisiologia, RTS e Simplified Acute Physiologic Score (SAPSII).	1136 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo prospectivo	Os índices anatômicos tiveram melhores resultados, porém a combinação entre eles não melhorou a predição.

12	Avaliar a predição de lactato sérico inicial em pacientes traumatizados para mortalidade, cirurgia e internação na UTI.	1941 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo retrospectivo	Foi possível estabelecer relação estatística de lactato sérico entre mortalidade e entre cirurgias. Não foi possível estabelecer relação com admissão em UTI.
13	Verificar a relação do valor inicial de fibrinogênio com o desfecho clínico em pacientes de trauma.	•	Estudo descritivo prospectivo	Foi detectada relação entre mortalidade e valores de fibrinogênio abaixo de 2,29 g/L.
14	Detectar o poder preditivo do índice Glasgow, <i>Age and Blood Pressure</i> (GAP) que avalia Escala de Coma de Glasgow, Idade e Pressão Arterial Sistólica, em pacientes de trauma severo admitidos em unidade hospitalar de emergência.	100 pacientes de trauma grave.	Estudo descritivo prospectivo	Verifica que o índice GAP, tem poder de predição superior ao ISS e RTS, porém inferior ao MGAP e TRISS.
15	Validar os modelos CRASH e IMPACT em pacientes com traumatismo craniano severo.	300 pacientes com traumatismo craniano	Estudo descritivo prospectivo	Os dois modelos tiveram um bom desempenho na predição do desfecho clínico dos pacientes da amostra estudada.

16	Testar a predição de mortalidade em pacientes de trauma baseado na largura de distribuição de glóbulos vermelhos	•	Estudo descritivo retrospectivo	Os resultados mostram relações entre mortalidade e níveis de largura de distribuição de glóbulos vermelhos.
17	Identificar quando o risco de mortalidade aumenta em decorrência da idade	104015 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo retrospectivo	A idade é um fator de risco significante em pacientes traumatizados, sendo um importante critério de triagem, com valor de limiar próximo a 70 anos.
18	Propor o modelo <i>Coagulopathy of Severe Trauma</i> (COAST) que verifica compressão de nervos ou vasos sanguíneos, temperatura abaixo de 35 graus, pressão arterial sistólica menor que 100 mmHg, presença de trauma abdominal ou pélvica e descompressão de tórax, sendo utilizado para identificação de pacientes com coagulopatia aguda traumática utilizando variáveis pré-hospitalares, sem exames radiológicos e patológicos.	1680 pacientes de trauma geral.	Estudo metodológico retrospectivo	O modelo COAST identificou pacientes com coagulopatia traumática aguda, tendo boa acurácia utilizando-se de dados pré-hospitalares, podendo ser uma importante ferramenta na seleção de casos com alta probabilidade de óbito.

19	Medir a acurácia de C-type natriuretic peptide (NT-proCNP) na predição de desenvolvimento de sepse em pacientes traumatizados.	*	Estudo descritivo retrospectivo	C-type natriuretic peptide (CNP), conhecido como (NT)-proCNP tem seus níveis no plasma associados com predição de sepse.
20	Avaliar a capacidade de predição e discriminação do SOFA, SOFA-derivado e compará-los com SAPSII, ISS, RTS, PTS e TRISS, bem como combinações destes índices.	*	Estudo descritivo prospectivo	Conclui que os melhores preditores foram obtidos a partir da junção de índices fisiológicos e anatômicos SOFA + TRISS.
21	Recalcular os coeficientes e verificar a acurácia do TRISS utilizando dados atualizados.	2350596 pacientes de trauma geral.	Estudo metodológico retrospectivo	A proposta aumenta a acurácia do índice em traumas contusos e penetrantes em adultos.
22	Propor um modelo preditor chamado AGE, de infecções e desfecho em pacientes críticos nos primeiros 14 dias internados em UTI, que classifica a gravidade em quatro classes utilizando medidas séricas de glicose.	2200 pacientes admitidos em UTI	Estudo metodológico prospectivo	Modelo tem uma alta acurácia na predição de infecções.

23	Analisar possível associação entre níveis de glicose na admissão com mortalidade e propor um modelo de predição de mortalidade para pacientes politraumatizados.	•	Estudo metodológico retrospectivo	Altos níveis de glicose na admissão (>135 mg/dL) foram associados com a mortalidade hospitalar.
24	Verificar a conhecida relação das mudanças de produção de citocina com o estado de resposta inflamatória sistêmica em casos específicos de trauma, indicando relação entre expressão da citocina e falência múltipla de órgãos.	*	Estudo descritivo prospectivo	Expressões de citocina durante choques traumáticos possibilitam identificação precoce do risco de desenvolvimento de falência múltipla de órgãos.
25	Correlacionar a hipotermia (<35° C) nas primeiras 24h como fator de risco para desenvolvimento de Síndrome de falência de múltiplos órgãos (MODS) e mortalidade.	359 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo prospectivo	Hipotermia é um fator significante de risco para falência de múltiplos órgãos, porém não foi possível correlacioná-la com mortalidade.
26	Revisar a validade do Índice APACHE II em casos de trauma internados em UTI.	1019 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo prospectivo	Pacientes, críticos traumáticos tem características não observadas por ISS e TRISS, como as variáveis fisiológicas temperatura, Creatinina sérica e Escala de Coma de Glasgow, que valida o uso do APACHE II neste cenário.

27	Avaliar se a diferença entre os valores do Shock Index (SI) calculados no atendimento e na admissão predizem mortalidade em pacientes de trauma	2445 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo retrospectivo	SI > 0.9 é preditor de má evolução clínica, sendo relacionado com maior incidência de óbitos em trauma.
28	Determinar a correlação entre estrogênio e desfecho clínico em pacientes críticos de trauma	•	Estudo descritivo prospectivo	Estradiol sérico é um marcador de gravidade de lesão e preditor de óbito.
29	Avaliar o valor prognóstico da acidose gástrica intramucosa em pacientes com trauma grave em UTI.	•	Estudo descritivo prospectivo	Os valores na admissão de Bicarbonato, Déficit de base, Lactato, pH gástrico intramucosal e gradiente de PCO2 discriminaram os sobreviventes dos não sobreviventes de trauma.
30	Verificar se, a correlação de glicose sanguínea com lactato e desfecho clínico na admissão permanece após 24 horas.	134 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo retrospectivo	Não houve correlação entre níveis de glicose após 24 horas e desfecho clínico.

31	Propor um novo modelo <i>Trauma Mortality</i> Prediction Model (TMPM) utilizando AIS, avaliação da gravidade da lesão e comparar o modelo com ISS.	702229 pacientes de trauma geral	Estudo metodológico retrospectivo	O modelo proposto, TPMP teve desempenho superior ao ISS.
32	Validar a acurácia do ISS e NISS para predição da necessidade de intubação (NI), necessidade de ventilação mecânica (NVM) e duração da ventilação mecânica (DVM) em pacientes admitidos em UTI.	110 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo prospectivo	O NISS teve boa predição para NVM e NI. O ISS apresentou bom poder de discriminação apenas para NVM. Para DVM não foi possível estabelecer boas relações de predição com os índices estudados.
33	Aplicar terapia direcionada para atingir níveis de glicose < 140 mg/dL e verificar as reduções de complicações infecciosas e mortalidade.	de trauma geral	Ensaio clínico prospectivo	Baixos níveis de glicose estão associados com diminuição do risco de desfecho clínico fatal em pacientes de trauma.
34	Investigar a relação entre concentração de Interleucina 6 (IL-6) e SIRS e desfecho clinico	•	Estudo descritivo prospectivo	SIRS e concentração de IL-6, são altamente correlacionados com NISS na fase precoce (0 e 1 dias). A concentração de IL-6 > 200 pg/dL prediz estado de resposta inflamatória sistêmica e IL-6 > 300 pg/dL está correlacionada com falência múltipla de órgãos, pneumonia e óbito.

35	Determinar se a hiperglicemia é um bom preditor de desfecho clínico em pacientes em estágio clínico avançado	896 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo prospectivo	Hiperglicemia (>200mg/dL) foi associada com grande tempo de hospitalização, uso de ventilação mecânica, infecção e mortalidade na primeira semana de internação.
36	Medir o desempenho dos modelos SAPS II, MPMII e ISS em quatro diferentes grupos de pacientes: Trauma grave de Cabeça, Traumas múltiplos, aneurisma aórtico abdominal e hemorragia subaracnóideo espontâneo.	960 pacientes adultos, sendo 299 de trauma de cabeça e 208 de múltiplos traumas.	Estudo descritivo prospectivo	Em geral, MPMII obteve o melhor desempenho. Para os pacientes de trauma, ISS obteve o pior desempenho.
37	Propor um modelo de predição em trauma	100399 pacientes de trauma geral	Estudo metodológico retrospectivo	Apresenta um novo modelo de predição de desfecho clínico utilizando ISS, Glasgow, e gênero relacionado à idade como fatores.
38	Comparar a acurácia dos preditores <i>Major</i> Outcome Trauma Study (MTOS-RTS),  Population-based RTS (POP-RTS) e  Triage RTS (T-RTS).	22388 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo retrospectivo	O índice T-RTS poderia substituir o MTOS-RTS como preditor fisiológico padrão para trauma, pois apresenta desempenho semelhante com maior facilidade de cálculo.

39	Determinar se a hiperglicemia é um fator preditor do desfecho em pacientes críticos de trauma.	1003 pacientes de trauma admitidos em UTI.	Estudo descritivo prospectivo	Hiperglicemia é um preditor independente para infecções e desfecho clínico em pacientes traumatizados.
40	Testar o desempenho dos modelos TRISS e SAPSII em uma amostra de pacientes traumatizados e determinar se o modelo TRISS pode ser melhorado com a junção ao SAPSII.	trauma geral admitidos	Estudo metodológico prospectivo	A combinação de TRISS e SAPSII resultou no TRISS-SAPS que apresentou uma melhora na estimativa de risco de pacientes críticos traumatizados admitidos em UTI.
41	Determinar a relação entre diferentes níveis de elevação de glicose e o desfecho clínico em pacientes traumatizados.	516 pacientes de trauma geral admitidos em UTI	Estudo descritivo retrospectivo	Altos níveis de glicose (>=200 mg/dL) são associados a altas taxas de infecção e mortalidade.
42	Medir a utilidade de dois níveis de hiperglicemia como preditor para mortalidade e infecções em pacientes traumáticos.	738 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo retrospectivo	Hiperglicemia é um preditor independente para aumento de infecções, mortalidade e tempo de hospitalização. Hiperglicemia moderada glicose na admissão > 200 mg/dL. Hiperglicemia branda/suave glicose na admissão > 135mg/dl.

43	Identificar se o perfil inicial de coagulopatia (tempo de protrombina (TP) e tempo parcial de tromboplastina ativada (TTPA)) tem valor preditivo para óbito em casos de trauma.	20103 pacientes de trauma geral.	Estudo descritivo retrospectivo	Foi encontrada alta incidência de alterações em TTPA e TP em casos de óbito, independente de outros fatores.
44	Determinar a correlação entre concentração de lactato no sangue, gravidade da lesão e sobrevivência do paciente.	•	Estudo descritivo prospectivo	Pacientes que apresentaram elevados valores de lactato (>2 mmol/L) na admissão puderam ter o valor de ISS antecipados e o TRISS maior que 50% pode ser previsto após 12 horas.
45	Comparar os índices de trauma ISS e NISS em pacientes hospitalizados	1533 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo retrospectivo	52,25% dos pacientes apresentaram ISS e NISS diferentes. Entre, os não sobreviventes, essa diferença foi de 75,68%.
46	Correlacionar os níveis de procalcitonina e neopterina com a ocorrência de sepse e falha orgânica	137 pacientes de trauma geral	Estudo descritivo prospectivo	Procalcitonina é um preditor independente de falência múltipla de órgãos.

47	Comparar TRISS com o Physiologic Trauma Score (PTS) associado ao Systemic Inflammatory Response Syndrome Score (SIRS)	9539 casos de trauma geral	Estudo metodológico retrospectivo	O modelo <i>Physiologic Trauma Score</i> (PTS) associado ao <i>Systemic Inflammatory Response Syndrome Score</i> (SIRS) composto por apenas variáveis fisiológicas tem bom desempenho preditivo, sendo equivalente aos modelos que utilizam variáveis anatômicas e fisiológicas. Variáveis consideradas no Modelo: SIRS, Escala de Coma de Glasgow, Idade, Sexo, Raça.
48	Propor um modelo de predição dos fatores que interferem e do tempo de hospitalização de pacientes de trauma.	2646 pacientes de trauma geral	Estudo metodológico retrospectivo	Idade, Escala de Coma de Glasgow, AIS e Mecanismo de trauma são significantes preditores de óbitos.
49	Verificar a relação entre o tempo de hospitalização e infecção nosocomial e testar a correlação com o ISS em pacientes críticos.	•	Estudo descritivo retrospectivo	Os resultados sugerem uma associação significante entre infecção nosocomial, tempo de hospitalização e ISS
50	Investigar se mudanças na quantidade de monócitos em circulação, expressão da Selectina L (CD62L) tem relação com disfunções orgânicas em múltiplos órgãos.	•	Estudo descritivo prospectivo	Alterações na quantidade de monócitos em circulação e expressão da Selectina-L pós-trauma estão relacionados com disfunções orgânicas. Pacientes que apresentaram disfunções orgânicas apresentaram em média, menor contagem de monócitos (0,44 x 10^9 /l).

51	Comparar e propor um modelo que utiliza Déficit de Base, Lactato, Transfusão Sanguínea, Idade e NISS ou ISS.	_	Estudo metodológico prospectivo	NISS associado aos valores de Déficit de Base, Lactato, Transfusão Sanguínea, Idade é superior ao que associa ISS na predição de falência múltipla de órgãos após trauma.
52	Quantificar correlação entre excesso de base negativo (déficit de base) e lactato com Síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA).	_	Estudo descritivo prospectivo	Déficit de base e lactato são determinantes críticos da Síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), apresentando como limite crítico o valor de -6,6 mmol/L de excesso de base.
53	Propor um modelo de predição de sobrevida em pacientes traumáticos utilizando a técnica de Redes Neurais Artificias (ANN).	•	Estudo metodológico retrospectivo	A ANN (que inclui Escala de Coma de Glasgow, Pressão Arterial Sistólica, Frequência Cardíaca, Frequência Respiratória, Temperatura, Contagem de Hematócritos, Idade, Sexo, Estado de intubação, ICD-9-CM, <i>Injury E-code</i> e ISS) demonstrou boa diferenciação entre sobreviventes e não sobreviventes de trauma geral. Os mesmos resultados na amostra foram encontrados com o uso do TRISS.

54	Identificar as alterações na concentração da	51 pacientes de trauma	Estudo descritivo	Pacientes com maior gravidade, APACHE II > 20,
	medida de CD62 L(Selectina-L) no plasma	múltiplo	prospectivo	apresentaram altas concentrações sCD62 L após 24
	sanguíneo em pacientes traumatizados com			horas. Pacientes não sobreviventes apresentaram queda
	disfunções orgânicas graves, que receberam			da expressão de sCD62 L e células T CD62 L após
	hemotransfusão e desenvolveram falência			quatro horas. Já pacientes com falência múltipla de
	de múltiplos órgãos e sepse.			órgãos e Sepse apresentaram aumento na expressão de
				monócitos CD62L após 6 dias.
55	Correlacionar o ISS e o APACHEII como	113 pacientes de	Estudo descritivo	Não foi possível associar o ISS a infecções
	preditor de infecções nosocomiais em	trauma geral.	retrospectivo	nosocomiais, porém o APACHEII foi correlacionado
	pacientes de trauma admitidos em			com o tempo de hospitalização, o que expõe o paciente
	Unidades de Terapia Intensiva(UTI).			ao um maior risco de infecção.
56	Apresentar os conceitos de Índices de	-	Revisão Narrativa	Explica de forma detalhada, todos os cálculos
	trauma e suas aplicações, destacando os			realizados para definição de uma pontuação para os
	índices: RTS, ISS, TRISS, ASCOT			índices RTS, ISS, TRISS e ASCOT
57	Apresentar os conceitos dos índices de		Revisão narrativa	AIS, ISS e TRISS são modelos matemáticos utilizados
	trauma AIS, ISS e TRISS			para análise das lesões de pacientes de trauma e são
				importantes ferramentas para auxilio de classificação
				clínica do paciente traumatizado.

58	Determinar se o pH arterial medido na admissão é um preditor de sobrevivência em pacientes de trauma.	1	Estudo metodológico prospectivo	O pH arterial obtido na admissão e corrigido por PCO2 é um preditor independente de sobrevivência e pode ser adicionado ao TRISS como forma de melhorar sua acurácia.
59	Propor um modelo preditivo para falência múltipla de órgãos após trauma utilizando dados de déficit de base, lactato, idade, ISS e hemotransfusão.	•	Estudo metodológico prospectivo	A idade maior que 55 anos, ISS maior que 25 e a utilização de 6 unidades de hemoderivados até 12 horas após a admissão, são fatores independentes associados a FMO.
60	Comparar os índices de trauma <i>Trauma Score</i> (TS), <i>Injury Severity Score</i> (ISS) e o índice fisiológico APACHEII para predição de desfecho em pacientes de trauma em estado crítico.	-	Estudo descritivo prospectivo	O Índice APACHEII obteve o melhor resultado tanto para UTI quanto para Internação na casuística estudada.
61	Propor um modelo preditivo chamado ICU point que utiliza Escala de Coma de Glasgow, PO2/FO2 e balanço hídrico.	•	Estudo metodológico prospectivo	Apresenta os modelos ICU point e realiza comparações com APACHEII e TRISS, mostrando o ICU point como desempenho discriminante intermediário entre TRISS e APACHEII na casuística testada.

Revisão narrativa

Aborda os seguintes modelos e técnicas estatísticas: TS, ISS, TRISS, RTS, PRE-CHART, Z-STATISTIC, M-STATISTIC, TRISSCAN

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com base na revisão integrativa, foram encontradas as variáveis a serem trabalhadas sendo selecionado um grupo que contém parâmetros demográficos, indicadores hospitalares bem como índices de gravidade fisiológico (RTS), anatômico (ISS) e a probabilidade de sobrevida (TRISS).

O *Revisted Trauma Score* (RTS) é um índice fisiológico que utiliza três parâmetros para quantificar a gravidade da lesão: escala de coma de Glasgow, pressão arterial sistólica e frequência respiratória. Seu cálculo deve ser feito na admissão do paciente e correlaciona-se com a mortalidade precoce (CHAMPION et al., 1989).

O *Injury Severity Score* (ISS) é um índice anatômico baseado na escala de lesões abreviada (AIS), que expressa a gravidade da lesão em cada uma de seis regiões do corpo: cabeça e pescoço, face, tórax, abdome e conteúdo pélvico, extremidades e ossos da pelve e externo (BAKER et al., 1974). O AIS é uma lista de centenas de lesões específicas, cada qual com um escore de gravidade correspondente: 1 - indica gravidade mínima; 2 - moderada; 3 - grave, sem risco de vida; 4 - grave, com risco de vida, mas de provável sobrevida; 5 - crítica, com sobrevida duvidosa; e 6 - fatal (*Association for the Advancement of Automotive Medicine*, 1998).

Com base na AIS, o ISS foi desenvolvido para expressar os efeitos cumulativos das lesões nos diversos segmentos do corpo. Seu cálculo não é feito na admissão do paciente, já que a gravidade das lesões anatômicas é determinada através de exames físicos e radiológicos, cirurgias e mesmo autópsia (em casos de óbitos), para uma adequada caracterização e estadiamento das lesões. O ISS varia de 1 a 75 e os valores mais altos indicam maior gravidade das lesões anatômicas. Seu valor ≥16 define o trauma como grave, sendo na faixa de 1 a 8 considerado leve e de 9 a 15, moderado (COPES et al., 1988).

O *Trauma and Injury Severity Score* (TRISS) calcula a probabilidade de sobrevida dos pacientes e inclui a análise do RTS, do ISS, o mecanismo de trauma e a idade do paciente. É método padrão para avaliar o desempenho e a qualidade dos serviços de atendimento ao trauma (BOYD; TOLSON; COPES, 1987).

De forma mais geral, o índice *Acute Laboratory Risk of Mortality Score* (ALaRMS) calcula a previsão de mortalidade utilizando faixas de idade, sexo e resultados numéricos de exames laboratoriais (Albumina, AST, Bilirrubina Total, Cálcio, Creatinina, pro-BNP, BNP, Glicose, Potássio, Sódio, pH arterial, Pressão Oxigênio, INR/TP, Bastonetes, Hemoglobina, Plaqueta, Troponina I e CKMB) (TABAK et al., 2014). Já o índice *VitalPAC Early Warning Score* (ViEWS) leva em consideração sinais vitais (Pressão Arterial Sistólica, Frequência Cardíaca, Frequência Respiratória, Temperatura, Saturação de Oxigênio, Uso de Oxigênio

Suplementar, Resposta Neurológica) para estabelecer a gravidade do paciente ao lado do leito e é mundialmente adotado (JO et al., 2013).

Os diversos tipos de exames laboratoriais foram divididos em variáveis estáticas, envolvendo resultados isolados de exames (por exemplo, eletrólitos e coagulação), dinâmicas envolvendo o mesmo tipo de exame em medidas sucessivas (por exemplo, dosagem de creatinina sérica e nível de consciência pela escala de coma de *Glasgow*) e complexas, envolvendo mais de um tipo de exame ou dado (por exemplo, instabilidade hemodinâmica ou inflamação sistêmica).

### 3.2 Tecnologias de desenvolvimento adotadas

No estudo das tecnologias para desenvolvimento de software, foram estabelecidos alguns critérios relevantes ao processo de pesquisa: a linguagem deve suportar web podendo ser utilizada junto ao HTML, ser escalável, gratuita, eficiente, de fácil aprendizagem, atualizada e segura com recentes correções de erros.

Através de buscas em fóruns de compartilhamento de conhecimento em tecnologia, repositórios de códigos, websites especializados e consulta a especialistas, foi sugerido a busca por uma arquitetura de software que atendesse as necessidades do projeto, bem como a utilização de *Frameworks* e ferramentas de edição de código com interface amigável para agilizar o desenvolvimento. Para a escolha das tecnologias para persistência de dados, nos mesmos mecanismos de busca já citados, foi sugerido o uso de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, com cuidado em verificar desempenho, eficiência e segurança.

Por fim, foi levada em consideração a responsividade do software, isto é, a garantia de dispor o conteúdo da aplicação de maneira natural para qualquer dispositivo, excluindo a necessidade de programação de diversas interfaces para diferentes equipamentos.

Assim, para definição das tecnologias de desenvolvimento de software utilizamos a linguagem de programação PHP: *Hypertext Preprocessor*, que é uma linguagem muito adequada para desenvolvimento web, podendo ser utilizada em conjunto com o código HTML e que permite o desenvolvimento de páginas que serão geradas dinamicamente. A linguagem tem uma similaridade com Linguagem C e Java, sendo de fácil aprendizagem (PHP, 2017).

Visando melhor organização do software, foi adotado o MVC (*model-view-controller*), que é um padrão de arquitetura de *software* que divide uma aplicação em três partes interligadas, de modo a separar as representações internas das informações que serão

apresentadas ao usuário (REENSKAUG et al., 1978). Assim *o framework CodeIgniter* que se utiliza dos conceitos de MVC, foi escolhido para a implementação do *software*.

Uma das justificativas na escolha do *framework* utilizado foi o aceleramento de produção do *software*, uma vez que são disponibilizadas diversas bibliotecas, capazes de propiciar a reutilização de códigos e um alto poder de abstração, deixando o desenvolvedor livre para se preocupar mais com o processo do *software* do que com detalhes de linguagens e suas especificidades.

Objetivando praticidade no armazenamento de dados, foi utilizado o MySQL, que é um dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados mais populares do mundo, sendo baseado em linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada) com bom suporte para portabilidade, boa compatibilidade com diversas linguagens de programação, além de bom desempenho sem exigir grandes recursos de *hardware* e sua facilidade de uso. Para modelagem e gerenciamento do banco de dados, utilizamos a ferramenta *MySQL Workbench*, capaz de oferecer bons recursos para apoio ao desenvolvimento.

Por fim, foi utilizado o *framework Bootstrap* que mescla a linguagem de marcação HTML (*Hypertext Markup Language*), a tecnologia CSS (*Cascade Style Sheet*) e o JS (*Javascript*), tornando ágil a programação de interfaces de forma responsiva, isto é, uma interface que será apresentada a diversos tamanhos de telas, sem perder a usabilidade e funcionalidade.

#### 3.3 Desenvolvimento do protótipo de *software*

Para delimitar o escopo do *software*, suas funcionalidades, atributos, forma de armazenamento de dados e estrutura de interface, os seguintes requisitos funcionais e respectivos requisitos não funcionais foram levantados (figuras 15, 16, 17 e 18).

Figura 15 – Requisito F1

### F1 Processar os exames e classifica-los em faixas de normalidade (X) Oculto

Descrição: O módulo deve verificar cada valor de resultado de exame e determinar sua classificação em relação ao desvio de normalidade.

Requisitos Não Funcionais									
Nome	Restrição	Categoria	Desejável	Permanente					
NF1.1 Controle de	A função só pode ser acessada por usuário								
Acesso	autorizado	Segurança	( )	(X)					
NF1.2 Identificação do	Os pacientes devem ser identificadas por um								
paciente	código	Interface	( )	(X)					
NF1.3 Tempo de	O tempo para classificação dos valores não								
processamento	deve ultrapassar 10 segundos	Performance	(X)	( )					
	Todas as informações relacionadas a								
	resultados de exames devem ser exibidas em								
NF1.4 Janela única	uma única janela	Interface	(X)	(X)					

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 16 – Requisito F2

F2 Processar os sinais vitais e classifica-los em faixas de normalidade (X) Oculto									
Descrição: O módulo deve verificar os valores de sianis vitais e determinar suas classificações em relação ao									
desvio de normalidade.	desvio de normalidade.								
Requisitos Não Funcionais									
Nome	e Restrição Categoria Desejável								
NF2.1 Controle de	A função só pode ser acessada por usuário								
Acesso	autorizado	Segurança	( )	(X)					
NF2.2 Identificação do	Os pacientes devem ser identificadas por um								
paciente	código	Interface	( )	(X)					
NF2.3 Tempo de	O tempo para classificação dos valores não								
processamento	deve ultrapassar 10 segundos	Performance	(X)	( )					

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Interface

(X)

(X)

Todas as informações relacionadas a

uma única janela

NF2.4 Janela única

resultados de exames devem ser exibidas em

Figura 17 – Requisito F3

F3 Exibir os valores numéricos dos exames de forma cronológica e coloridos de acordo com suas classificações. (X) Oculto Descrição: O módulo deve organizar os resultados de exames de forma cronológica e, de acordo com a classificação de desvio de normalidade, ser acrescido de cores. Requisitos Não Funcionais Nome Restrição Categoria Desejável Permanente NF3.1 Controle de A função só pode ser acessada por usuário Acesso autorizado Segurança ( ) (X) NF3.2 Identificação do Os pacientes devem ser identificadas por um paciente código Interface ( ) (X) NF3.3 Tempo de O tempo para classificação dos valores não processamento deve ultrapassar 10 segundos Performance (X) ( ) Todas as informações relacionadas a resultados de exames devem ser exibidas em NF3.4 Janela única uma única janela Interface (X) (X) As cores utilizadas serão: verde (sem desvio); NF3.5 Definição das amarelo (desvio leve); laranja (desvio Interface cores moderado); vermelho (desvio alto) (X) (X) A cronologia deve respeitar a ordem NF3.4 Cronologia temporal crescente Interface (X) (X)

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 18 – Requisito F4

F4 Processar a série tem	poral, verificando segundo modelos baseados	em dados retr	ospectivos, a					
similaridade do caso em	questão com casos anteriores			(X) Oculto				
Descrição: Através de técnicas de aprendizado de máquina, o módulo deve verificar a similaridade da série								
temporal do paciente co	om casos anteriores, devolvendo predição para	possivel desfe	echo em cada v	ariável				
fisiológica.								
	Requisitos Não Funcionais							
Nome	Restrição	Categoria	Desejável	Permanente				
NF4.1 Controle de	A função só pode ser acessada por usuário							
Acesso	autorizado	Segurança	( )	(X)				
NF4.2 Identificação do	Os pacientes devem ser identificadas por um							
paciente	código	Interface	( )	(X)				
NF4.3 Tempo de	O tempo para classificação dos valores não							
processamento	deve ultrapassar 10 segundos	Performance	(X)	( )				
	Todas as informações relacionadas a							
	resultados de exames devem ser exibidas em							
NF4.4 Janela única	uma única janela	Interface	(X)	(X)				
	Os alertas emitidos pela predição, baseados							
NF4.5 Definição dos	na série temporal, serão no formato de							
alertas	janelas modais	Interface	(X)	(X)				

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Também se faz importante a modelagem de entidade e relacionamento (MER), que é uma representação da realidade e pode ser concebido por entidades, relacionamentos e atributos (MOODY et al., 2003). Esta modelagem é importante para organização dos dados de

forma persistente e funcional, objetivando facilidade, agilidade e eficiência ao manipular dados armazenados em uma determinada base de dados.

A definição dos casos de uso foi realizada de maneira muito clara, resultando em apenas um caso de uso, pois a aplicação tecnológica tem autonomia em sua totalidade, uma vez que a classificação é proveniente de modelos baseados em aprendizado de máquina. As técnicas empregadas são capazes de propor uma remodelagem automática: a cada novo caso inserido no sistema, o modelo de predição é atualizado. Portanto, na figura 19 a seguir, são colocados casos de uso genéricos de um S-RES e o caso de uso da aplicação tecnológica desenvolvida em destaque.

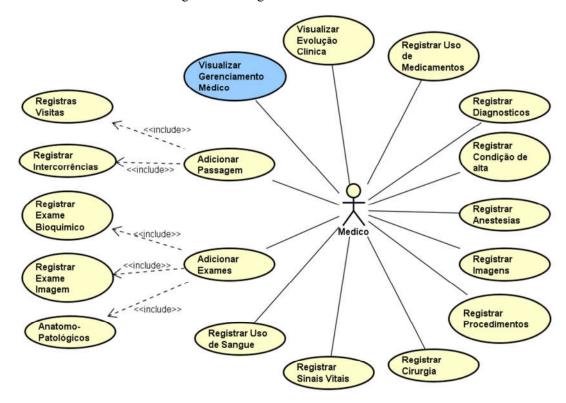


Figura 19 – Diagrama de Casos de Usos

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

No entanto, para maior detalhamento dos eventos envolvidos no caso de uso da aplicação tecnológica desenvolvida, o diagrama de sequência foi desenvolvido com completude dos detalhes, inclusive com exatidão nos nomes de classes e métodos envolvidos (figura 20).

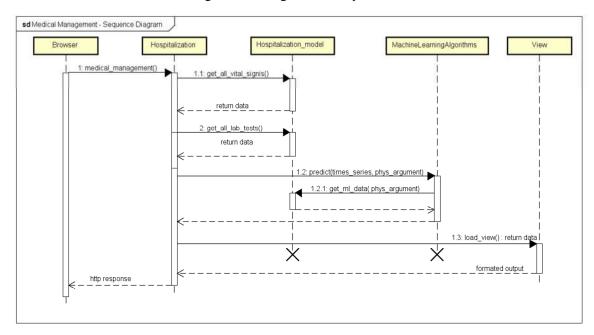


Figura 20 – Diagrama de Sequência

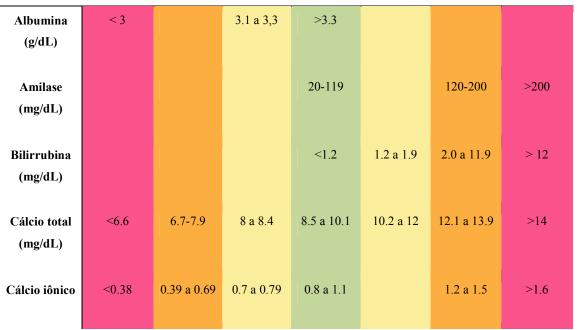
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A prototipação do software foi realizada de forma a estabelecer uma interface capaz de integrar as informações através de uma representação gráfica, baseada em uma linha do tempo, dispondo os diversos exames realizados em um determinado período de internação ao longo das datas de realização, já classificados por cores de acordo com seu resultado. As faixas de cores utilizadas são referentes a ideia de normalidade próximo da cor verde e anormalidade próximo da coloração vermelha, ficando entre os extremos, as cores amarelo e laranja, caracterizados por faixas transitórias entre estados de normalidade e anormalidades. Mais que isso, as cores de tonalidade próximas a vermelho denotam situação de perigo, risco de morte, de forma que as cores se tornam auxiliares na classificação visual das variáveis fisiológicas numéricas ou lógicas, como mostrado na figura 21.

Dessa forma, para a implementação do protótipo um esforço de programação foi realizado a fim de atingir os objetivos da fase de prototipação. No entanto, os valores utilizados para definição das faixas de classificação de gravidade em cada variável seguiram o padrão proposto no modelo ALaRMS (TABAK et al., 2014), como demonstrado na tabela 7.

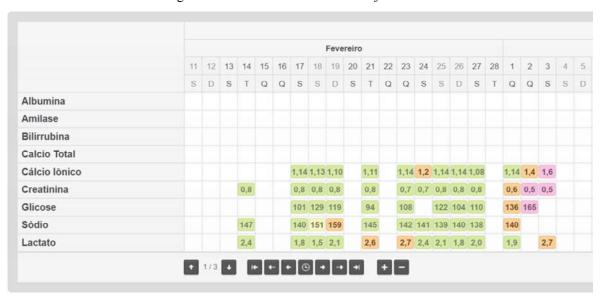
Tabela 7 – Faixas de valores críticos e de referência para algumas variáveis utilizadas.

Exame	Faixas de cores



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 21 – Interface do módulo de software.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 3.4 Análise exploratória de dados

A coleta de dados resultou um conjunto de aproximadamente 21 mil casos de trauma atendidos entre 2006 e 2014, com mais de 90 mil registros de movimentações do paciente, cerca de 100 mil resultados de exames de imagem, quase 3 milhões de resultado de exames

laboratoriais e mais de 3 milhões de sinais vitais. Além disso, foram também coletados dados de uso de hemoderivados, prescrição de medicamentos, diagnósticos e cirurgias realizadas.

Os dados de pesquisa foram trabalhados de forma exploratória com foco nos índices prognósticos e variáveis fisiológicas encontradas na revisão bibliográfica. O primeiro passo consistiu em estabelecer a amostra a ser estudada, definindo critérios de inclusão, de exclusão dos atendimentos aos pacientes, seguida da verificação de datas de atendimentos, buscando remover inconsistências. Na tabela 8, são mostrados os números finais da amostra estudada e a categorização dos casos excluídos, sendo vários os motivos para a exclusão de casos da amostra: abandono (0,55%), alta licença (9,22%), transferência (14,03%), abandono e evasão (10,18%), encaminhamentos para outros hospitais (64,51%) e falha no processo de documentação (2,06%).

Definida a amostra, foi realizada uma análise descritiva, com foco em quantificação de pacientes levando em consideração suas gravidades, proporção de óbitos e sobreviventes, buscando a caracterização da amostra de forma geral.

Na tabela 9, é demostrada a quantificação dos casos por sexo, faixas etárias e proporção de sobreviventes, com destaque à alta incidência de vitimas do sexo masculino (72,8%), bem como da alta incidência de vítimas em fase adulta, de 20 a 40 anos (38,12%).

Para verificação da sazonalidade anual da amostra, os dados dos atendimentos foram divididos por anos, faixas de ISS e taxas de óbitos, evidenciando uma constante proporção de óbitos e sobreviventes nos diferentes anos da amostra (Tabela 10). Além disso, foi possível verificar uma relação direta entre a incidência de óbitos e valores acima de 24 para ISS.

Tabela 8 – Amostra inicial, casos excluídos e amostra final.

Categorias	Contagem	Porcentagem
Abandono	4	0,55%
Alta Licenca	67	9,22%
Alta Medica Hosp. Estadual	60	8,25%
Alta Medica Hosp. Sta.Tereza	15	2,06%
Encaminhado P/ Ambulatório/Campus	328	45,12%
Encaminhado P/ Outros Hospitais	141	19,39%
Evasâo	70	9,63%
Folha Nâo Retornou Ao Sam	15	2,06%
Rede Secundária	5	0,69%
Transf. Hosp. Sta Tereza	1	0,14%
Transferência	2	0,28%
Unidade Básica	19	2,61%
Total Geral	727	100,00%
	Quantidad	e
Amostra Inicial	21207	
Casos excluídos	727	

Casos atendidos fora do período de pesquisa
Amostra Final

11
20469

Fonte – elaborado pelo autor (2019).

Tabela 9 – Amostra descrita em faixas etárias, sexo e taxas de sobrevivência.

	Feminino					Masculino				Total Geral					
Idade	Alta		Óbit	0	Total		Alta		Óbit	0	Total		Alta	Óbito	<b>Total Geral</b>
0-9	1374	6,71%	12	0,06%	1386	6,77%	2318	11,32%	21	0,10%	2339	11,43%	18,04%	0,16%	18,20%
10-19	769	3,76%	14	0,07%	783	3,83%	2214	10,82%	65	0,32%	2279	11,13%	14,57%	0,39%	14,96%
20-29	922	4,50%	22	0,11%	944	4,61%	3439	16,80%	147	0,72%	3586	17,52%	21,31%	0,83%	22,13%
30-39	644	3,15%	22	0,11%	666	3,25%	2476	12,10%	132	0,64%	2608	12,74%	15,24%	0,75%	15,99%
40-49	445	2,17%	23	0,11%	468	2,29%	1721	8,41%	99	0,48%	1820	8,89%	10,58%	0,60%	11,18%
50-59	343	1,68%	22	0,11%	365	1,78%	1055	5,15%	90	0,44%	1145	5,59%	6,83%	0,55%	7,38%
60-69	306	1,49%	19	0,09%	325	1,59%	560	2,74%	74	0,36%	634	3,10%	4,23%	0,45%	4,69%
70-79	302	1,48%	21	0,10%	323	1,58%	270	1,32%	50	0,24%	320	1,56%	2,79%	0,35%	3,14%
80-89	231	1,13%	29	0,14%	260	1,27%	114	0,56%	31	0,15%	145	0,71%	1,69%	0,29%	1,98%
90-99	42	0,21%	5	0,02%	47	0,23%	21	0,10%	4	0,02%	25	0,12%	0,31%	0,04%	0,35%
100-109	1	0,005%	0	0,00%	1	0,005%	0	0,00%	0	0,00%		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Total Geral</b>	5379	26,28%	189	0,92%	5568	27,20%	14188	69,31%	713	3,48%	14901	72,80%	95,59%	4,41%	100,00%

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Tabela 10 – Atendimentos em cada ano, separados por faixas de ISS e taxas de sobrevivência.

		1 a	ı 8			9 a	15			16	a 24			>	>24	
Ano	Alta	%	Óbito	<b>%</b>	Alta	%	Óbito	<b>%</b>	Alta	%	Óbito	%	Alta	%	Óbito	%
2006	1554	99,87%	2	0,13%	386	97,47%	10	2,53%	107	92,24%	9	7,76%	45	37,50%	75	62,50%
2007	1130	99,91%	1	0,09%	416	99,05%	4	0,95%	109	85,16%	19	14,84%	45	42,45%	61	57,55%
2008	1244	99,92%	1	0,08%	515	98,85%	6	1,15%	126	90,00%	14	10,00%	74	52,48%	67	47,52%
2009	1113	99,91%	1	0,09%	384	98,71%	5	1,29%	174	93,55%	12	6,45%	76	49,35%	78	50,65%
2010	1163	99,83%	2	0,17%	358	97,81%	8	2,19%	123	87,23%	18	12,77%	56	43,75%	72	56,25%
2011	1861	99,84%	3	0,16%	307	96,24%	12	3,76%	118	82,52%	25	17,48%	55	47,41%	61	52,59%
2012	2133	99,67%	7	0,33%	325	97,89%	7	2,11%	101	83,47%	20	16,53%	46	36,51%	80	63,49%
2013	2158	99,77%	5	0,23%	335	96,82%	11	3,18%	146	83,43%	29	16,57%	62	52,10%	57	47,90%
2014	2199	99,59%	9	0,41%	356	93,68%	24	6,32%	125	69,44%	55	30,56%	42	56,76%	32	43,24%
<b>Total Geral</b>	14555	99,79%	31	0,21%	3382	97,49%	87	2,51%	1129	84,89%	201	15,11%	501	46,22%	583	53,78%

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Posteriormente, foi realizada a quantificação de atendimentos nos quais houveram exames solicitados nas primeiras 24 horas de atendimento e estratificar por faixas de gravidade, como demonstrado na tabela 11.

Tabela 11 – Proporção de exames solicitados para cada faixa de ISS

	% Solicitantes							
Exame Solicitado	ISS 1 - 8	ISS 9 - 15	ISS 16 - 24	ISS >24				
Glicemia	19%	49%	71%	74%				
Lactato	5%	23%	57%	68%				
Gasometria	5%	28%	70%	83%				
Tempo de Protrombina	13%	41%	75%	77%				
Creatinina	25%	61%	85%	85%				
Fibrinogênio	2%	9%	27%	36%				
TTPa	13%	39%	73%	76%				
Bilirrubina Direta	1%	3%	7%	10%				
Bilirrubina Total	1%	3%	7%	11%				
Hemograma Completo	27%	44%	48%	50%				
HB-HT-GB-GV-PLAQ- % LINFOCITOS	37%	73%	89%	86%				

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Em relação aos pedidos de exame para checagem de glicemia, a proporção de solicitantes é proporcional à gravidade estimada pelo ISS, com frequência das solicitações de 71% para casos com ISS 16 a 24 e de 74% para casos com ISS acima de 24 (Tabela 11). Já em relação aos pedidos nas primeiras 6 horas, no aspecto geral, 87% solicitações ocorreram nesse período.

Em relação aos pedidos de exame para checagem dos níveis de lactato, a proporção de solicitantes é proporcional à gravidade estimada pelo ISS, mas em menor quantidade pois, apenas 15% dos casos solicitaram esse exame nas primeiras 24 horas. A frequência das solicitações encontrada de 57% para casos com ISS 16 a 24 e de 68% para casos com ISS acima de 24 demonstram esse cenário (Tabela 11). Já em relação aos pedidos nas primeiras 6 horas, no aspecto geral, 86% solicitações ocorreram nesse período.

Da mesma forma, para o exame de gasometria, a proporção de solicitantes também é proporcional à gravidade estimada pelo ISS, mas com apenas 15% dos casos que solicitaram esse exame nas primeiras 24 horas. A frequência das solicitações encontrada foi de 70% para casos com ISS 16 a 24 e de 83% para casos com ISS acima de 24. Fato esse, demonstra frequente rotina de solicitação desse exame para cenários de pacientes de alta gravidade (Tabela 11). Já em relação aos pedidos nas primeiras 6 horas, no aspecto geral, 87% solicitações ocorreram nesse período.

Em relação aos pedidos de exame de tempo de protrombina, a frequência das solicitações para casos com ISS 16 a 24 tem proporção de 75%, Já para casos com ISS acima de 24, a proporção sobe para 77% (Tabela 11). Já em relação aos pedidos nas primeiras 6 horas, no aspecto geral, 93% solicitações ocorreram nesse período.

Já em relação aos pedidos de exame de tempo de creatinina a frequência geral verificada apresentou valor de 38%, valor próximo aos valores de exames comumente solicitados. Para casos com ISS acima de 24, a proporção sobe para 85% (Tabela 11). Já em relação aos pedidos nas primeiras 6 horas, no aspecto geral, 90% solicitações ocorreram nesse período.

Diferentemente dos resultados anteriores, as solicitações de fibrinogênio, bilirrubina direta e bilirrubina indireta são muito pouco frequentes. A frequência geral verificada apresentou valor de 7% para fibrinogênio e 2% para bilirrubina direta e bilirrubina total (Tabela 11).

Em relação aos pedidos de exame de tempo de TTPa, de forma muito próxima ao TP/INR, a frequência das solicitações para casos com ISS 16 a 24 tem proporção de 73%, Já para casos com ISS acima de 24, a proporção sobe para 76% (Tabela 11). Já em relação aos pedidos nas primeiras 6 horas, no aspecto geral, 93% solicitações ocorreram nesse período

Em relação aos pedidos de exames para checagem dos valores de células sanguíneas, temos dois procedimentos comumente solicitados: hemograma completo e HB-HT-GB-GV-PLAQ - % LINFOCITOS. A frequência das solicitações de HB-HT-GB-GV-PLAQ - % LINFOCITOS nas primeiras 6 horas é maior se comparado ao hemograma completo (Tabela 11). Já para solicitações de 7 à 24 horas, o hemograma completo tem proporção maior (14%).

Também foram realizados os testes estatísticos para diferenciação dos valores de exames realizados nas primeiras 24 horas da internação, com diferença de médias ou medianas estatisticamente significantes para dois grupos, a saber: Sobreviventes e Não Sobreviventes. No entanto para definição do teste a ser realizado, é preciso verificar a normalidade dos dados, utilizando o método de Kolmogorov-Smirnov (KS-Statistic) para uma amostra.

Como todos os resultado não mostraram que as amostras tem distribuição normal, foi utilizado o teste não paramétrico Mann-Whitney (MW) para duas amostras não pareadas em todas as variáveis testadas, ao nível de significância  $\alpha = 0.05$ . Na tabela 12, estão organizados os dados em relação a cada variável, dividida entres as faixas de gravidade definidas por ISS. Os conjuntos de dados os quais os testes apresentaram diferença significativa com p <0.001

estão em negrito acompanhados do símbolo "†". Já os conjuntos referentes a diferença estatística com p<0,05 estão em negrito, acompanhados do símbolo "\*".

Para a variável glicose, houve diferença significativa (p <0.001) para casos com ISS entre 9 e 15, bem como ISS entre 16 e 24. Casos com ISS maiores que 24 (p = 0.01424) também apresentaram diferença significante (Tabela 12).

Tabela 12 – Diferença entre medianas de sobreviventes e não sobreviventes

	Média Sobreviventes X Média Não Sobreviventes								
Variável Fisiológica	ISS 1 - 8	ISS 9 - 15	ISS 16 - 24	ISS >24					
Glicemia	120.83 X 176.20	132.66 X 173.34†	152.70 X 178.79†	167.88 X 183.93*					
Lactato	2.98 X 4.58	3.45 X 5.85*	3.86 X 5.82†	4.39 X 6.57†					
Pressão Arterial Sistólica	124.83 X 114.80	125.45 X 126.21	125.49 X 113.58	122.45 X 114.85					
Frequência Cardíaca	88.17 X 96.10	87.98 X 92.65	92.29 X 99.79	99.61 X 103.64					
Base Excess	-2.94 X -6.09*	-3.62 X -7.67†	-4.14 X -7.85†	-5.38 X -7.82†					
TP/INR	1.06 X 1.24†	1.09 X 1.42†	1.13 X 1.34*	1.22 X 1.47†					
Temperatura	37.57 X 36.13	35.91 X 35.83	38.52 X 36.03	39.18 X 35.20*					
Creatinina	0.98 X 1.55†	1.00 X 1.51†	1.03 X 1.20†	1.04 X 1.27†					
Frequência Respiratória	19.31 X 25.00†	18.92 X 18.19*	17.52 X 17.00	17.93 X 17.13*					
Plaquetas	136.99 X 107.27	105.24 X 133.73*	101.14 X 100.56	107.23 X 86.33*					
Fibrinogênio	219.94 X 319.92*	205.98 X 188.68	196.98 X 171.28	177.06 X 154.00†					
pH Arterial	7.37 X 7.33	7.35 X 7.26†	7.34 X 7.28†	7.32 X 7.26†					
TTPa	26.46 X 34.06†	26.20 X 36.21†	26.86 X 34.03*	29.83 X 38.66†					
Saturação de Oxigênio	96.10 X 93.57	95.87 X 95.80	95.77 X 97.33	92.75 X 93.69					
Bilirrubina Direta	0.48 X 1.79	0.43 X 0.48	0.29 X 0.47	0.46 X 0.84					
Bilirrubina Total	1.21 X 3.47	1.14 X 1.34	0.87 X 1.27	1.09 X 1.80					
Hematócrito	40.44 X 35.76†	39.04 X 35.97†	37.71 X 36.14	36.19 X 33.76†					
RDW	12.29 X 13.00	12.12 X 12.50*	12.08 X 12.02	12.67 X 12.55					
Hemoglobina	13.39 X 11.76†	12.92 X 11.87†	12.51 X 11.89*	11.95 X 11.16†					
PO2	115.30 X 85.846*	138.63 X 161.71*	154.77 X 157.50	158.79 X 163.86					
Leucócitos	11.80 X 15.28	13.99 X 13.81	16.68 X 16.18	17.15 X 16.38					
PCO2	38.32 X 37.49	38.89 X 41.48	39.02 X 37.41	39.85 X 41.17					

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Para a variável lactato, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 16 e 24, bem como ISS maior que 24. Casos com ISS entre 9 a 15 (p = 0,01265) também apresentaram diferença significante (Tabela 12).

Para a variável Pressão Arterial Sistólica - PAS, não houve diferença significativa em nenhum dos grupos (Tabela 12). Para a variável Frequência Cardíaca - FC, não houve diferença significativa em nenhum dos grupos (Tabela 12).

Para a variável *Base Excess* - BE, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 9 e 15, bem como ISS maior que 24 e ISS entre 16 e 24. Casos com ISS entre 1 a 8 (p = 0,01288) também apresentaram diferença significante (Tabela 12).

Para a variável Tempo de Protrombina – TP/INR, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 9 e 15, bem como ISS maior que 24 e ISS entre 1 e 8. Casos com ISS entre 16 a 24 (p = 0,009) também apresentaram diferença significante (Tabela 12). Para a variável Temperatura, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS maior que 24 (Tabela 12). Para a variável Creatinina, houve diferença significativa (p <0,001) para todos os grupos (Tabela 12).

Para a variável Frequência Respiratória - FR, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS maior que 24. Casos com ISS entre 9 a 15 (p<0,001) também apresentaram diferença significante (Tabela 12). Para a variável Plaquetas, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 9 e 16, bem como ISS maior que 24. Casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS entre 16 e 24 não apresentaram diferença significante (Tabela 12).

Para a variável Fibrinogênio, houve diferença significativa (p = 0,006175) para casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS maior que 24 (p < 0,001). Casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS entre 16 e 24 não apresentaram diferença significante (Tabela 12). Para a variável pH Arterial, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 16 e 24, bem como ISS maior que 24. Casos com ISS entre 9 a 15 (p<0,001) também apresentaram diferença significante (Tabela 12).

Para a variável Tempo de Tromboplastina Parcialmente Ativado - TTPa, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS maior que 24 e ISS entre 9 e 15. Casos com ISS entre 16 a 24 (p = 0,01545) também apresentaram diferença significante (Tabela 12). Para a variável Saturação de Oxigênio, não houve diferença significativa nenhum dos grupos (Tabela 12).

Para a variável Bilirrubina Direta, não houve diferença significativa nenhum dos grupos (Tabela 12). Para a variável Bilirrubina Total, não houve diferença significativa nenhum dos grupos (Tabela 12). Para a variável Hematócrito, houve diferença significativa (p <0,001) para casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS maior que 24. Casos com ISS entre 9 a 15 (p<0,001) também apresentaram diferença significante (Tabela 12). Para a variável RDW, houve diferença significativa (p=0,01428) para casos com ISS entre 9 e 15 (Tabela 12).

Para a variável Hemoglobina, houve diferença significativa (p <0.001) para casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS maior que 24 e ISS entre 9 e 15. Casos com ISS entre 16 a 24 (p = 0.04176) também apresentaram diferença significante (Tabela 12). Para a variável

Pressão de Oxigênio – PO2, houve diferença significativa (p = 0,04561) para casos com ISS entre 1 e 8, bem como ISS entre 9 e 15. Casos com ISS entre 16 e 24, bem como ISS maiores que 24, não apresentaram diferença significante (Tabela 12).

Para a variável Leucócitos, não houve diferença significativa nenhum dos grupos (Tabela 12). Para a variável Pressão de Gás Carbônico – PCO2, não houve diferença significativa nenhum dos grupos (Tabela 12).

Além disso, uma análise mais criteriosa foi realizada com os casos específicos de óbito, sendo separados em grupos, a saber: sobreviventes e não sobreviventes (com óbito em menos de 24 horas de internação, entre 24 e 72 horas, 4 e 7 dias, 8 e 15 dias e com óbito a partir do décimo quinto dia de internação). Dessa forma, na tabela 13 estão demonstradas as comparações entre os diferentes grupos de não sobreviventes.

Tabela 13 – Diferença entre medianas de sobreviventes e não sobreviventes em diferentes tempos de internação

		Mediana Sobreviventes X Mediana Não Sobreviventes							
Variável Fisiológica	Óbito < 24h	Óbito 24h a 72h	Óbito 4 a 7 dias	Óbito 8 a 15 dias	Óbito > 15 dias				
Glicemia	124.77 X 206.61†	124.77 X 133	124.77 X 194.42†	124.77 X 174.22†	124.77 X 141.52				
Lactato	3.53 X 9.64†	3.53 X 6.30†	3.53 X 5.53†	3.53 X 4.47*	3.53 X 4.26†				
Pressão Arterial Sistólica	124.95 X 92.13*	124.95 X 112.14*	124.95 X 119.49*	124.95 X 125.89	124.95 X 121.83				
Frequência Cardíaca	88.70 X 117.18†	88.70 X 121.52†	88.70 X 98.88*	88.70 X 94.69*	88.70 X 87.47				
Base Excess	-3.82 X -11.98†	-3.82 X -7.30†	-3.82 X -6.80†	-3.82 X -5.10*	-3.82 X -5.22†				
TP/INR	1.10 X 1.73†	1.10 X 1.51†	1.10 X 1.33†	1.10 X 1.25†	1.10 X 1.31†				
Temperatura	37.27 X 33.46†	37.27 X 35.51*	37.27 X 35.58	37.27 X 35.81	37.27 X 35.91				
Creatinina	1.00 X 1.43†	1.00 X 1.35†	1.00 X 1.29†	1.00 X 1.23†	1.00 X 1.27†				
Frequência Respiratória	18.99 X 17.93*	18.99 X 23.25*	18.99 X 17.01†	18.99 X 16.36†	18.99 X 16.84†				
Plaquetas	125.32 X 62.73†	125.32 X 107.24*	125.32 X 105.54	125.32 X 99.59*	125.32 X 131.93				
Fibrinogênio	203.04 X 119.49†	203.04 X 166.35†	203.04 X 182.61*	203.04 X 189.55	203.04 X 192.57				
pH Arterial	7.35 X 7.16†	7.35 X 7.26†	7.35 X 7.30†	7.35 X 7.32*	7.35 X 7.33				
TTPa	26.73 X 50.80†	26.73 X 40.79†	26.73 X 35.36†	26.73 X 29.86*	26.73 X 29.79*				
Saturação de Oxigênio	95.96 X 95.33	95.96 X 95.62	95.96 X 93.60†	95.96 X 96.5	95.96 X 95.29				
Bilirrubina Direta	0.44 X 0.56	0.44 X 0.87	0.44 X 1.26	0.44 X 0.58	0.44 X 0.37				
Bilirrubina Total	1.13 X 1.32	1.13 X 2.04	1.13 X 2.45	1.13 X 1.58	1.13 X 0.94				
Hematócrito	39.74 X 29.48†	39.74 X 34.97†	39.74 X 36.08†	39.74 X 36.51†	39.74 X 37.91†				
RDW	12.26 X 12.45	12.26 X 12.97*	12.26 X 12.67*	12.26 X 11.84	12.26 X 12.48				
Hemoglobina	13.16 X 9.69†	13.16 X 11.59†	13.16 X 11.90†	13.16 X 12.09†	13.16 X 12.54†				
PO2	138.83 X 149.08	138.83 X 155.03	138.83 X 180.89†	138.83 X 158.44*	138.83 X 159.58*				
Leucócitos	12.88 X 15.17*	12.88 X 16.41†	12.88 X 15.23†	12.88 X 16.28†	12.88 X 16.59†				
PCO2	38.92 X 43.83	38.92 X 42.86	38.92 X 38.55	38.92 X 38.79	38.92 X 38.10				

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Em resumo, as variáveis BE, TP/INR, Creatinina, TTPa, Hemoglobina, Frequência Respiratória, Hematócrito, Lactato e Leucócitos apresentaram diferença estatisticamente significativa das medianas entre as medidas iniciais de seus respectivos exames divididos em um grupo de sobreviventes e grupos de diferentes tempos de óbito (p < 0.05) (tabela 13).

Já as variáveis pH arterial e Frequência Cardíaca apresentaram diferença estatisticamente significativa (p <0,05) das medianas entre as medidas iniciais de seus respectivos exames divididos em um grupo de sobreviventes e grupos de diferentes tempos de óbito, exceto para o grupo de óbitos após 15 dias.

As variáveis PAS e Fibrinogênio apresentaram diferença estatisticamente significativa (p <0,05) das medianas entre as medidas iniciais de seus respectivos exames divididos em um grupo de sobreviventes e grupos de diferentes tempos de óbito, exceto para os grupos de óbitos entre 8 e 15 dias e o grupo de óbitos após 15 dias.

Analogamente, as variáveis plaquetas e temperatura também apresentaram diferença estatisticamente significativa (p <0,05) das medianas entre as medidas iniciais de seus respectivos exames divididos em um grupo de sobreviventes e grupos de diferentes tempos de óbito, representando correlação entre as variáveis e óbito nas primeiras 72 horas.

Em contraste, a variável PO2 apresentou diferença estatisticamente significativa (p <0,05) das medianas entre as medidas iniciais de seus respectivos exames divididos em um grupo de sobreviventes e grupos de diferentes tempos de óbito para os grupos tardios, com óbito entre 4 a 7 dias, óbito entre 8 a 15 dias e óbitos com mais de 15 dias de internação.

Por fim, as variáveis bilirrubina direta, bilirrubina total e PCO2, não apresentaram diferença estatisticamente significativa (p <0,05) das medianas entre as medidas iniciais de seus respectivos exames divididos em um grupo de sobreviventes e grupos de diferentes tempos de óbito.

#### 3.5 Desenvolvimento dos modelos preditivos

Para o construção dos modelos, a amostra foi dividida entre dados de treinamento e dados de teste. Cada variável fisiológica foi disposta dinamicamente através de séries temporais e submetidas aos algoritmos de classificação Naive Bayes e KNN. Após o treinamento, dados inéditos, previamente separados para teste e que não serviram como base de treinamento são classificados pelos modelos e comparados com o padrão ouro. Assim, uma proporção de acertos é obtida. Após o treinamento e do teste de 5 conjuntos de dados devidamente randomizados, foram obtidas 5 proporções de acerto para classificadores

baseados em Naive Bayes (tabela 14) e 5 outras proporções para classificadores baseados no KNN, com k = 3 (tabela 15).

Tabela 14 – Proporções de acertos dos classificadores baseados em Naive Bayes.

Variável Fisiológica	NB-1	NB-2	NB-3	NB-4	NB-5	Mediana
BE	0,836	0,839	0,851	0,847	0,85	0,847
Bilirrubina direta	0,732	0,732	0,715	0,719	0,732	0,732
Bilirrubina total	0,702	0,244	0,257	0,702	0,719	0,702
Creatinina	0,926	0,925	0,918	0,929	0,923	0,925
FC	0,828	0,855	0,831	0,817	0,849	0,831
Fibrinogênio	0,741	0,762	0,705	0,755	0,796	0,755
FR	0,838	0,878	0,848	0,905	0,894	0,878
Glicose	0,855	0,867	0,861	0,869	0,863	0,863
Hematócrito	0,793	0,795	0,8	0,803	0,79	0,795
Hemoglobina	0,786	0,796	0,785	0,788	0,775	0,786
TP/INR	0,89	0,889	0,879	0,891	0,885	0,889
Lactato	0,843	0,843	0,85	0,84	0,834	0,843
Leucócitos	0,861	0,861	0,867	0,861	0,846	0,861
PAS	0,865	0,149	0,404	0,393	0,173	0,393
PCO2	0,837	0,832	0,815	0,807	0,83	0,83
pН	0,85	0,863	0,85	0,865	0,871	0,863
Plaquetas	0,455	0,441	0,438	0,43	0,447	0,441
PO2	0,72	0,749	0,733	0,731	0,732	0,732
RDW	0,745	0,802	0,737	0,756	0,6939	0,745
SATO2	0,961	0,965	0,957	0,96	0,966	0,961
Temperatura	0,05	0,054	0,049	0,05	0,05	0,05
TTPa	0,879	0,896	0,892	0,882	0,884	0,884

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Tabela 15 – Proporções de acertos dos classificadores baseados em KNN com K = 3.

Variável Fisiológica	KNN-1	KNN-2	KNN-3	KNN-4	KNN-5	Mediana
BE	0,879	0,887	0,856	0,855	0,885	0,879
Bilirrubina direta	0,76	0,708	0,688	0,794	0,773	0,76
Bilirrubina total	0,775	0,745	0,745	0,729	0,732	0,745
Creatinina	0,916	0,917	0,918	0,919	0,921	0,918
FC	0,949	0,944	0,938	0,949	0,949	0,949
Fibrinogênio	0,786	0,796	0,796	0,798	0,82	0,796
FR	0,947	0,94	0,942	0,942	0,94	0,942
Glicose	0,91	0,907	0,906	0,899	0,912	0,907
Hematócrito	0,952	0,944	0,95	0,953	0,947	0,95
Hemoglobina	0,951	0,943	0,947	0,954	0,942	0,947
TP/INR	0,886	0,888	0,879	0,878	0,886	0,886
Lactato	0,876	0,868	0,857	0,868	0,861	0,868
Leucócitos	0,952	0,939	0,945	0,949	0,948	0,948
PAS	0,948	0,947	0,941	0,941	0,944	0,944

PCO2	0,875	0,857	0,854	0,861	0,866	0,861
pН	0,829	0,817	0,839	0,826	0,818	0,826
Plaquetas	0,949	0,943	0,944	0,941	0,942	0,943
PO2	0,833	0,842	0,831	0,831	0,836	0,833
RDW	0,939	0,927	0,933	0,932	0,933	0,933
SATO2	0,968	0,972	0,972	0,968	0,962	0,968
Temperatura	0,958	0,945	0,956	0,946	0,956	0,956
TTPa	0,891	0,894	0,883	0,892	0,886	0,891
	<b>-</b>	11 1 1	(0010)			

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Foi proposto dessa forma, uma maneira de mensurar o poder preditivo dos alertas emitidos pelos modelos treinados com dados da amostra, através do somatório das resultantes dicotômicas (1 para não sobrevivente e 0 para sobrevivente) de cada uma das variáveis fisiológicas e seu respectivo modelo treinado. Esse modelo poderá então assumir valores de 0 a 22 pontos, sendo 0 resultante por nenhum classificador predizendo uma série temporal provável para óbito, bem como 22 resultante por todos os classificadores predizendo a série temporal provável para óbito.

Como método de comparação do poder preditivo entre a aplicação tecnológica e os índices de trauma já comumente utilizados, foram calculados todos os índices para a amostra separada para teste dos modelos e submetidos à análise de sensibilidade e especificidade, resultando na curva ROC a seguir (figura 22).

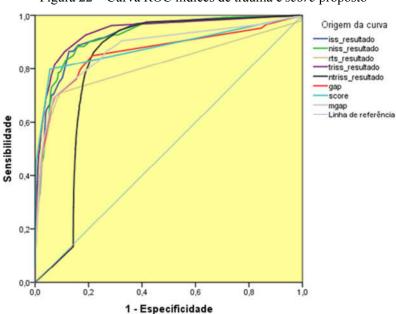


Figura 22 – Curva ROC índices de trauma e score proposto

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

O desempenho obtido pelo score proposto (AUC = 0,882) é intermediário aos índices com melhor poder preditivo (TRISS, AUC = 0,938) e com pior poder preditivo (RTS, AUC = 0,815) (tabela 16). No entanto, quando foram estratificados os experimentos de acordo com a gravidade estimada pelos índices RTS e ISS, o desempenho do score proposto foi equivalente aos desempenhos dos outros índices.

Tabela 16 – Áreas abaixo da curva (AUC)

				Intervalo de Confiança 95%		
Variáveis de resultado de				Assintótico		
teste	Área	Erro Padrão	Sig. assintótica	Limite inferior	Limite superior	
Iss_resultado	,924	,005	,000	,914	,934	
Niss_resultado	,923	,005	,000	,913	,933	
Rts_resultado	,815	,011	,000,	,794	,836	
Triss_resultado	,938	,005	,000,	,929	,948	
Ntriss_resultado	,824	,005	,000,	,814	,834	
Gap	,864	,009	,000,	,847	,882	
Score	,882	,009	,000,	,865	,900	
Mgap	,878	,008	,000	,863	,893	

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Os desempenhos obtidos pelo score proposto para pacientes com classificação de ISS entre 1 e 8, considerados leves e com expectativa de bom prognóstico também foram verificados, de forma que houve bom desempenho (AUC = 0,83) devido a alta sensibilidade do score (tabela 17). Para casos com ISS entre 9 e 15 (tabela 18), considerados moderados, o resultado também foi satisfatório (AUC = 0,871). Para casos com ISS entre 16 e 24 (tabela 19), considerados graves, o resultado também foi satisfatório (AUC = 0,866). Por fim, para casos com ISS maiores do que 24 (tabela 20), com alta gravidade, o desempenho é bom (AUC = 0,853).

Figura 23 – Curva ROC para ISS 1-8

Fonte – elaborado pelo autor (2019).

Tabela 17 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS 1-8.

				Intervalo de Confiança 95%		
Variáveis de resultado de				Assintótico		
teste	Área	Erro Padrão	Sig. assintótica	Limite inferior	Limite superior	
Rts_resultado	,572	,068	,211	,440	,705	
Gap	,773	,056	,000	,664	,883,	
Score	,830	,057	,000	,718	,942	
Mgap	,780	,054	,000,	,675	,885	
Niss_resultado	,560	,053	,303	,456	,663	
Ntriss_resultado	,700	,050	,001	,602	,799	

Fonte: elaborado por autor (2019).

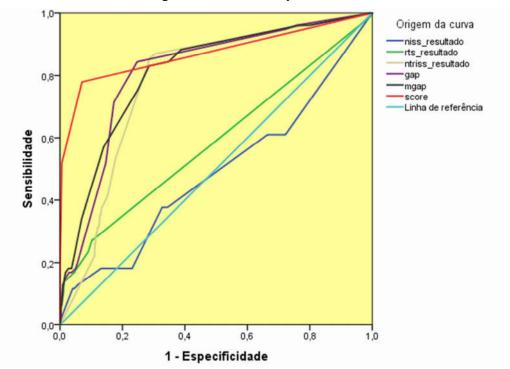


Figura 24 – Curva ROC para ISS 9-15

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Tabela 18 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS 9-15.

Variáveis de resultado de				Intervalo de Confiança 95% Assintótico		
teste	Área	Erro Padrão	Sig. assintótica	Limite inferior	Limite superior	
Niss_resultado	,485	,037	,643	,412	,557	
Rts_resultado	,585	,037	,010	,513	,658	
Ntriss_resultado	,781	,023	,000	,736	,825	
Gap	,812	,024	,000	,765	,859	
Mgap	,811	,025	,000	,763	,859	
Score	,871	,029	,000	,815	,927	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

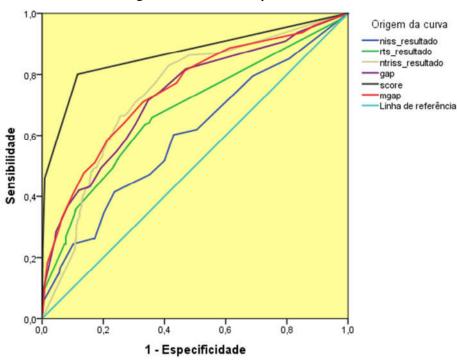


Figura 25 – Curva ROC para ISS 16-24

Fonte – elaborado pelo autor (2019).

Tabela 19 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS 16-24.

Variáveis de resultado de				Intervalo de Confiança 95% Assintótico		
teste	Área	Erro Padrão	Sig. assintótica	Limite inferior	Limite superior	
niss_resultado	,598	,024	,000	,551	,646	
rts_resultado	,679	,024	,000	,632	,725	
ntriss_resultado	,739	,020	,000	,700	,777	
gap	,730	,022	,000	,687	,772	
score	,866	,019	,000	,830	,903	
mgap	,748	,021	,000	,706	,789	
Fonte: elaborado pelo autor (2019).						

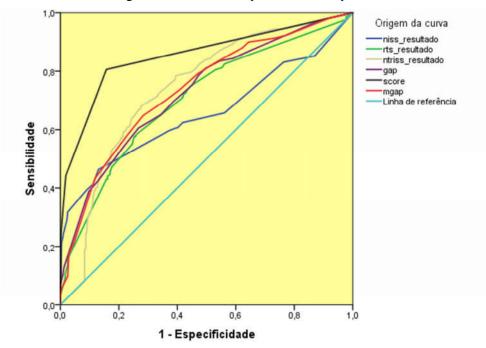


Figura 26 – Curva ROC para ISS maior que 24

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Tabela 20 – Áreas abaixo da curva (AUC) - ISS maior que 24.

Variáveis de resultado de				Intervalo de Confiança 95% Assintótico			
teste	Área	Erro Padrão	Sig. assintótica	Limite inferior	Limite superior		
Niss_resultado	,654	,018	,000	,619	,690		
Rts_resultado	,704	,017	,000	,671	,737		
Ntriss_resultado	,741	,016	,000	,709	,773		
Gap	,726	,016	,000	,694	,758		
Score	,853	,013	,000	,828	,878		
Mgap	,736	,016	,000	,704	,767		
Fonte: elaborado pelo autor (2019).							

# 4 DISCUSSÃO

O uso de preditores e valores críticos ocorrem em países desenvolvidos há muito tempo, auxiliando no estabelecimento da gravidade do paciente traumatizado de forma geral, tendo a sua probabilidade de sobrevida estimada de acordo com parâmetros clínicos, fisiológicos e anatômicos. Como mostrado na tabela 5, o ISS tem sido o índice mais utilizado e difundido internacionalmente tendo, no entanto a dependência da classificação interpretativa de um profissional devidamente capacitado para realizar a avaliação (BEITL, 2016).

No levantamento bibliográfico deste estudo, foi possível identificar que tais índices vêm sendo utilizados e cientificamente explorados desde 1987, sendo que nos últimos cinco anos houve uma crescente intensificação nos trabalhos científicos do assunto, motivados pela grande expansão dos Registros Eletrônicos em Saúde (RES) que acarretam uma maior disponibilidade das informações dos pacientes de forma estruturada com o objetivo de prover informações das condições do paciente e sua internação como um todo. (CHARNOVSCKI et al., 2014). Esse motivo também pode explicar o aumento de estudos metodológicos retrospectivos a partir dos anos 2000, predominando a exploração dos dados disponibilizados pelos diversos RES implantados.

Dessa forma, tem surgido índices novos, realizando análises anatômicas e fisiológicas como o BISS, mesclando o tradicional TRISS com medidas de Excesso de Base (BE), responsável por sinalizar o nível de perfusão tecidual medido através do procedimento de gasometria. Outro índice proposto nos últimos anos, é um modelo baseado em redes neurais artificiais (DIRUSSO et al., 2000), incluindo medidas como pressão arterial sistólica, frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura, idade, sexo, contagem de hematócritos, obtendo resultados semelhantes ao TRISS.

De forma análoga, há uma forte intensificação da evidência cientifica, com aumento nos estudos descritivos com foco nas análises de variáveis fisiológicas provenientes de aferições de sinais vitais e resultados de exames laboratoriais como demonstrado em diversos estudos citados nesse trabalho. Esses estudos estabelecem um ponto de partida para a proposição de índices, como GAP, MGAP, ISS, NISS, TRISS e RTS. Assim, confirmando a evidencia anteriormente destacada, esses índices foram aplicados na amostra da pesquisa, resultando em bons níveis de predição de prognóstico, com destaque ao TRISS (AUC = 0,938).

No entanto, assim como visto em vários estudos metodológicos que visam a modelagem matemática para a predição de desfecho clínico, são utilizados índices de trauma já difundidos e variáveis fisiológicas já conhecidas na prática médica, porém, não exploradas estatisticamente. Nesse sentido, algumas variáveis se destacaram no presente estudo. Das variáveis testadas, 15 apresentaram diferença significativa para medianas de dois diferentes grupos (sobreviventes e não sobreviventes), de forma que alguns valores críticos coincidiram aos encontrados na literatura.

Os valores de tempo de protrombina fazem parte da rotina de checagem do sistema hematológico, vinculado à coagulação (MACLEOD et al., 2003). O procedimento é composto por 3 variáveis: tempo de protrombina(TP), tempo de controle (TC) e a razão normalizada internacional (INR) dado por:

$$INR = (TP/TC)^{ISI}$$

sendo ISI o fator tissular informado pelo fabricante. Através deste cálculo, independente do fator tissular utilizado em diferentes laboratórios, o resultado será padronizado e portanto passível de comparações, de forma que a literatura indica valores do INR de referência maiores que 1,2 segundos, que foi compatível aos verificados neste estudo.

Também relacionado ao sistema hematológico e à coagulação, outro exame realizado, Tempo de Tromboplastina Parcial Ativado (TTPA), é o tempo de conversão da protrombina para formar coágulo, representando o tempo que levará para coagular o sangue (MACLEOD et al., 2003). A literatura levantada indicou valores críticos acima de 38 segundos, diferindo da amostra, que teve a média diferenciada para casos de óbito acima de 34 segundos.

Outro fator de coagulação são as plaquetas, que facilitam a cicatrização e impedem hemorragias. A trombocitopenia prejudica a coagulação, sendo causada geralmente, no cenário de pacientes críticos, pela coagulação intravascular disseminada, levando a falência de múltiplos órgãos (MACLEOD et al., 2003). Os trabalhos observados estabeleceram marcadores de óbito para valores de plaquetas menores que 150 mil por milímetros cúbicos de sangue. Porém, na amostra estudada, o ponto de corte foi estabelecido em 101 mil por milímetros cúbicos de sangue.

Ainda sobre os fatores de coagulação sanguínea, mais uma variável apresentou diferença estatística significante entre grupos de sobreviventes e não sobreviventes: os níveis de fibrinogênio. Essa proteína produzida no fígado, tem sua produção elevada em resposta a lesões, infecções e inflamação, em resposta a necessidade de coagulação, para que combinada com a trombina, seja transformada em fibrina. Mas, níveis muito altos de fibrinogênio podem

desencadear um quadro de coagulação intravascular disseminada, relacionado também a trombocitopenia (OHMORI et al., 2015).

Por outro lado, quadros de afibrinogenaemia predispõem o paciente a sangramentos e hemorragias (OHMORI et al., 2015). Dessa forma, há a necessidade de controle bilateral dos níveis de fibrinogênio e como verificado na etapa de *scoping review*, os níveis devem permanecer entre 200 e 400 miligramas por decilitro. Porém, foram encontrados valores limitantes inferiores parecidos, com cortes estabelecidos abaixo de 190 miligramas por decilitro e acima de 310 miligramas por decilitro na amostra.

Além disso, como o fibrinogênio é metabolizado no figado, em conjunto com outros exames como a dosagem de bilirrubina direta e total, pode ser verificada a função hepática, sendo, no entanto, ocasionalmente utilizado (KUBOTA et al., 1997).

Nesse sentido, a função hepática tem importância fisiológica, devendo, portanto ser monitorada. Em estudos com casos envolvendo trauma, foram encontradas evidências de elevação dos níveis de bilirrubina, relacionado à falha hepática (KUBOTA et al., 1997). No entanto, na amostra deste estudo, foram testados os níveis de bilirrubina entre grupos de sobreviventes e não sobreviventes e não houveram diferenças estatisticamente significativas.

Outra função orgânica vital, a função renal desempenha importante papel na excreção. Sua avaliação tem importância na prática clínica, realizada através do monitoramento de biomarcadores que indiquem disfunção (BASTOS et al., 2011). Dentre outros biomarcadores conhecidos, foram encontradas evidências científicas quanto à associação dos níveis de creatinina mensuradas em amostras sanguíneas com disfunção renal e posteriormente com falhas sistêmicas, culminando em óbito. Na amostra trabalhada, houve diferença significativa entre grupos sobreviventes e não sobreviventes com ponto de corte para valores acima de 1,2 miligramas por decilitro.

Ainda sobre a atividade dos rins, outra variável fisiológica indicativa de bom funcionamento é o lactato. Produzido nas células e intensificado quando não há disponibilidade adequada de oxigênio, o lactato é retirado da corrente sanguínea pelos rins. Assim, quando níveis de lactato estão acima do normal, pode indicar um quadro de falha renal. Por outro lado, os níveis também se elevam em casos de hipóxia e acidose láctea, provocado pela diminuição de oxigênio transportado e liberado para as células (SAAD et al., 2016). Portanto, apesar dos níveis de lactato poderem ser associados a mais de um fator fisiológico, indicam predição de gravidade e piores prognósticos para valores acima de 2 milimols por litro. Em relação ao transporte de oxigênio, o principal componente sanguíneo envolvido é a hemoglobina, responsável por captar o oxigênio nos alvéolos pulmonares e

liberá-lo nos tecidos (RAIMUNDO et al., 2015). Dessa forma, o monitoramento dos níveis de hemoglobina é utilizada para verificar se o sangue está sendo capaz de transportar o oxigênio da maneira eficaz. O levantamento bibliográfico apresentado apresenta valores críticos abaixo de 12 gramas por decilitro, de forma que na amostra estudada esse valor foi um bom ponto de corte para diferenciação de sobreviventes e óbito.

A hemoglobina integra o grupo de eritrócitos, isto é, dos glóbulos vermelhos do sangue. Consequentemente, a medida de hematócritos, obtida pela porcentagem de eritrócitos no volume total de sangue, também é capaz de indicar a quantidade de hemoglobina no sangue e, portanto a disponibilidade de moléculas de transporte de oxigênio até os tecidos (PARADIS et al., 1997). Os valores críticos em estudos com casos de trauma sugerem maior probabilidade de óbito para valores menores que 35%, o que foi verificado na amostra trabalhada.

Além da disponibilidade de eritrócitos, há algumas condições fisiológicas que alteram a forma e regularidade do tamanho dos glóbulos vermelhos, podendo indicar anemia. Essa condição implica na falta de ferro, impedindo a formação da hemoglobina, resultando na formação de glóbulos vermelhos menores. A mensuração que avalia a variação do tamanho dos glóbulos vermelhos é denominada amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos - em inglês, *red cell distribution width* (RDW) (MAJERCIK et al., 2013). Assim, quando os valores de RDW se apresentam elevados, geralmente acima de 14,5%, o paciente apresenta anemia. Contudo, na amostra estudada, os valores que diferenciam os grupos de óbito e sobreviventes apresentaram um corte para valores acima de 12,3%.

Além do oxigênio, outro importante componente gasoso a ser transportado é o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), medido através da gasometria arterial, exame comumente realizado no monitoramento do paciente. Através de seus resultados, é possível verificar alterações no equilíbrio químico do organismo em função de acidose e alcalose. Em primeira análise, o pH arterial deve se manter entre valores de normalidade dados entre 7,35 e 7,45. Caso esses valores sejam ultrapassados, serão sentidas alterações no organismo, como por exemplo, as proteínas que irão desnaturar e perder sua função (CARLOTTI et al., 2012). Para evitar esses efeitos indesejados, o próprio organismo se encarrega de compensar as alterações através de um sistema tampão de bicarbonato, dado pela equação química:

$$H^+ + HCO_3 \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$$

sendo, a extremidade direita referente à respiração e a extremidade esquerda referente ao metabólico. Assim, quando acidótico, o organismo realiza a ligação do bicarbonato (HCO<sub>3</sub>)

ao *cátion* hidrogênio (H<sup>+</sup>), resultando no ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que por sua vez, é convertido em água (H<sub>2</sub>O) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Essa conversão, é realizada nos alvéolos pulmonares, com a liberação do CO<sub>2</sub>. O resultado desse processo é uma compensação que aumenta a frequência respiratória. Posteriormente, em um prazo maior, o sistema renal atua na absorção e excreção, constituindo também um mecanismo fisiológico de compensação.

Ademais, outra variável importante é a *base excess* (BE), obtido através da diferença entre o somatório de todas as bases, incluindo o HCO<sub>3</sub>, e o valor fixo definido pela literatura (RIXEN; SIEGEL, 2000). Através da observação dos valores resultantes, é possível verificar se o organismo está retendo ou perdendo bases. Geralmente, valores de BE menores que -3 miliequivalentes por litro indicam acidose metabólica ou alcalose respiratória, resultante da excreção de base para equilibrar a diminuição de CO<sub>2</sub>. Observando os dados de pesquisa, houve diferenciação significativa de valores de BE para grupos sobreviventes e não sobreviventes, resultando em um ponto de corte de <-6 miliequivalente por litro. Para a variável pH, os valores de referência variam entre 7,35 e 7,45 (MILHAM et al., 1995) de forma que, na amostra desse estudo, os valores apresentaram bom desempenho de predição de óbito. O mesmo ocorre para níveis de Pressão de Oxigênio, os quais permitem avaliação da troca oxigênio entre os alvéolos e capilares e mostrou-se um bom diferenciador de bom prognóstico, com corte próximo a 86 milímetros de mercúrio (mmHg).

No entanto, levando em consideração o mecanismo compensatório discutido, apenas valores fixos de referência não serão suficientes para estabelecer estimativas confiáveis de prognóstico. São conhecidas relações práticas entre a pressão de CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>) e concentração de HCO<sub>3</sub>, nas quais devem ser considerados diferentes intervalos de normalidade para PCO<sub>2</sub>, em função de diferentes valores de concentração de HCO<sub>3</sub>. Nesse mesmo aspecto, a análise de diferenciação de valores médios entre grupos de sobreviventes e não sobreviventes da variável frequência respiratória (FR) obteve diferentes pontos de corte para diferentes níveis de gravidade. Para pacientes com ISS menores que 8 (baixa gravidade), valores acima de 21 impulsos por minuto (IPM) tiveram bom poder preditivo para óbito. Casos de gravidade moderada com ISS entre 9 e 16, a relação se inverteu, de forma que valores menores que 18 IPM são correlacionados com óbito. Para casos mais graves, com ISS maiores que 24, a diferença entre as medianas se estabeleceu, de forma que o ponto de corte foi atribuído em 17 ipm, sendo valores menores correlacionados com óbito. Porém, na amostra, não houve diferenciação significativa para pacientes com ISS entre 17 e 24.

Assim como a frequência respiratória, a temperatura do paciente é aferida constantemente em ambientes hospitalares, sendo estabelecidas rotinas para monitoramento dos sinais vitais que incluem esta variável (SUBBE et al., 2001). Nesse estudo, a temperatura apresentou diferença significativa entre as médias de grupos de sobreviventes e não sobreviventes apenas em pacientes com ISS maiores que 24, considerados graves. O ponto de corte associado foi estabelecido em 35 graus *celsius*.

Em última análise, níveis altos de glicose em resposta metabólica a *stress* causado por eventos traumáticos são conhecidos. Esses aumentos têm característica multifatorial, sendo resultado da liberação de glicose pelo fígado. No entanto, alguns efeitos adversos são relacionados a esse aumento, como o alto grau de infecção associado, alterações nas funções imunológicas (EAKINS, 2009). Na amostra estudada, houve diferenciação entre casos resultante em óbito e alta, sendo estabelecido o ponto de corte em 170 miligramas por decilitro. No entanto, para casos leves, classificados com ISS menores ou iguais a 8, não foram verificadas diferenças significativas.

Ainda no sentido do dinamismo das respostas fisiológicas, há a necessidade de verificar e comparar valores limítrofes em diferentes tempos de internação, uma vez que os metabolismos podem apresentar diferentes fases e mecanismos compensatórios para diferentes estágios clínicos. Como exemplo, altos níveis de lactato no sangue foram determinado como bom preditor para óbito nas primeiras 12 horas (CEROVIĆ et al., 2003), mas dependente de outros classificadores nas medidas subsequentes.

Na amostra, a variável PO2 apresentou diferença estatística significante (p < 0,05) e níveis maiores para não sobreviventes com tempo de internação maior que 4 dias. Em contraste com a análise da casuística completa, quando verificados exames realizados nas primeiras 24 horas, apenas pacientes com tempo de internação acima de 4 dias apresentam diferença estatística significativa entre sobreviventes e não sobreviventes. Consequentemente, esse resultado reforça a necessidade de verificação dinâmica dos resultados de exames, deixando para trás a predição estática das primeiras horas de internação, que embora importante e cientificamente consagradas, parecem não cobrir todos os cenários.

Portanto, verificar as séries temporais de cada paciente e a correlação de padrões dessas séries com deterioração de clínica foi um desafio complexo, mas facilitado por técnicas de aprendizado de máquina. Das 22 variáveis testadas no presente estudo, 12 apresentaram mediana da acurácia acima de 90%, incluindo variáveis como Saturação de Oxigênio, Temperatura e Leucócitos, que nos testes de diferença para médias não obtiveram diferenciação estatística significante.

O score proposto, composto pelo somatório do resultado de cada um dos 22 modelos baseados em aprendizado de máquina, foi importante para comparação da predição da aplicação tecnológica desenvolvida, que integra em uma só interface, a checagem das variáveis fisiológicas e seus respectivos modelos com o intuito de emitir alertas sobre a criticidade do quadro clínico. Em outras palavras, a aplicação tecnológica funciona, em uma abordagem diferente, como um índice prognóstico. No entanto, como seu calculo não se baseia apenas em variáveis estáticas, mas sim em séries temporais, a aplicação tecnológica tem caráter dinâmico.

Mesmo assim, para possibilitar uma comparação válida entre o poder preditivo dos índices de trauma e do presente estudo, foram realizados testes com a curva ROC. No geral, o desempenho preditivo deste estudo foi intermediário ao TRISS, ISS e NISS, porém melhor que GAP, MGAP e RTS. Em análises estratificadas, com a amostra dividida por ISS, o desempenho se manteve melhor que os índices GAP, MGAP e RTS, porém com o valor de AUC sempre acima de 0.8, o que não ocorreu com demais índices.

Outro ponto interessante é a observação da incidência de óbito para casos com ISS maior que 24 e a diminuição dos valores AUC de GAP, MGAP, NISS e RTS. Nesses casos há uma proporção de óbitos bem próxima ao valor de 50%. Se o valor de AUC diminuiu drasticamente nesses casos, muito provavelmente, a sensibilidade dos índices seja menor. Assim, os modelos que baseiam a classificação da aplicação tecnológica, desde que trabalhados em conjunto, são de grande sensibilidade, especificidade constante e demostram grande poder preditivo independente da gravidade do paciente.

Outro aspecto importante são os protocolos clínicos e de regulação (PCR). O Ministério da Saúde e o Conselho Nacional dos Secretários de Saúde têm adotado o termo PCR às orientações sistematizadas com base nas evidências científicas e nos resultados práticos que auxiliam os usuários, os profissionais de saúde e os gestores na tomada de decisão clínica e de regulação para resolver os problemas de saúde da população (SANTOS, 2012).

Os PCR são roteiros que reúnem a caracterização dos cenários clínicos mais frequentes que aparecem nas Unidades Básicas de Saúde (UBS), nas Unidades de Pronto Atendimento (UPA) e no CR, as respectivas diretrizes clínicas a serem adotadas nesses níveis de atenção, assim como definição de critérios e recursos a serem empregados para o encaminhamento dos pacientes entre os serviços da rede assistencial. A previsão e pactuação das ações clínicas e de gestão dos casos nas UBS, UPAs e CR é fundamental para o desempenho dos seus atributos já estabelecidos nas políticas do Sistema de Saúde para que os

tempos de resposta aos diferentes agravos de saúde nas linhas de cuidados de urgência (cardiovascular, cerebrovascular, trauma, saúde mental, ginecológica-obstétrica, pediátrica, sepse, respiratório e abdome agudo) sejam minimizados no sentido de diminuir o risco de óbitos evitáveis e a chance de sequelas temporárias ou definitivas pela perda da janela terapêutica ótima.

Assim, os PCR auxiliam na definição das competências diagnósticas e terapêuticas nos diferentes serviços que compõem a rede assistencial e contribuem para a organização do acesso e a solução mais adequada em tempo hábil das necessidades de saúde identificadas na prática assistencial, garantindo assim os princípios do Sistema Único de Saúde de universalização do acesso, e integralidade e equidade do cuidado. Cabe destacar que cada tópico dos PCR possui um algoritmo bem definido, para ajudar o médico e a equipe interprofissional nas tomadas de decisões. Com efeito, o processo de cuidado em saúde envolve uma série de decisões médicas e o algoritmo é uma ilustração de como estas decisões são ordenadas e priorizadas, sendo endereçadas a certas condições específicas do paciente, definindo as respostas apropriadas dentro do tempo ótimo das ações para o melhor resultado.

O beneficio primário de um algoritmo bem desenvolvido é garantir o foco do médico e da equipe multiprofissional em pontos críticos de decisão e, especificamente, listar os parâmetros que dirigem esta decisão. Normalmente, existem vários passos dispostos no algoritmo. O primeiro passo envolve a identificação de sinais e sintomas de alarmes que precisam ser rapidamente identificados, garantindo a melhor estabilização clínica possível dos pacientes. Estas decisões críticas de atendimento precisam ser claramente definidas. Em seguida, as alternativas e opções de decisão devem ser precisas. Os possíveis resultados para cada alternativa devem ser considerados. A sequência de eventos deve ser descrita através de uma série de resultados que podem ocorrer ao longo da evolução da situação clínica. Em suma, o algoritmo deve utilizar a melhor evidência científica disponível (sempre atualizada), e deve ser facilmente e rapidamente disponível para sua utilização prática nos cenários de atendimento. A perspectiva é que a implementação dos PCR no âmbito dos diferentes componentes da rede assistencial de urgência possa agilizar e ampliar o acesso, reduzir as oportunidades perdidas na interface entre usuários e serviços de saúde e construir uma rede assistencial mais cooperativa e mais centrada nas necessidades dos seus usuários (SANTOS, 2012).

A Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS), de caráter orientador, apresenta princípios e diretrizes norteadores de uma organização institucional, tais como: a melhoria da qualidade e do acesso ao sistema de saúde brasileiro; a transparência e

segurança da informação em saúde; o acesso à informação de saúde pessoal como um direito do cidadão; o suporte da informação para tomada de decisão por parte do gestor e profissional de saúde; e, por fim, o desenvolvimento institucional do SUS e de todo o sistema de saúde brasileiro, com ganhos de eficiência na redução do número de sistemas de informação em saúde existentes ou sua simplificação, gestão e formação de pessoas, aquisição de insumos, monitoramento e avaliação das ações, logística, pagamento e transferência de recursos e outros processos-meio (BRASIL, 2016).

A PNIIS deve buscar um processo de trabalho em saúde com foco no usuário e no RES, possibilitando, assim, uma visão multiprofissional, multi-institucional e precursora da continuidade da assistência à saúde. A produção, a utilização e a sistematização da informação em saúde devem ser realizadas com finalidades de gestão, de vigilância e de atenção à saúde, no intuito de beneficiar usuários, profissionais, gestores, prestadores de serviços de saúde, instituições de ensino e pesquisa e a sociedade civil organizada (BRASIL, 2016).

Do ponto de vista computacional, esta política tem como meta estabelecer, por um processo aberto e participativo, padrões de representação da informação em saúde, abrangendo vocabulários, conteúdos e formatos de mensagens, de maneira a permitir o intercâmbio de dados entre as instituições, a interoperabilidade entre os sistemas e a correta interpretação das informações. Em agosto de 2011, o governo brasileiro regulamentou, através da Portaria 2.073 do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), o uso de padrões de interoperabilidade e informação em saúde para sistemas de informação em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal, e para os sistemas privados e do setor de saúde suplementar (BRASIL, 2016).

Dessa forma, aliando os protocolos clínicos e todas as vantagens de um RES, é possível contribuir para melhorias no serviço prestado à comunidade, bem como a identificação de oportunidades e de desafios na organização do processo de trabalho na rede de serviços de saúde, reconhecendo o conceito ampliado de saúde, no qual todos os cenários em que se produz saúde são ambientes relevantes e neles se deve assumir e propiciar compromissos com a qualidade, integralidade e continuidade da atenção. Uma vez sendo identificados os problemas de saúde mais prevalentes em cada serviço, identifica-se a relevância, magnitude e urgência, as implicações imediatas e potenciais, a estrutura e os recursos disponíveis em cada nível de atenção, podendo-se avaliar a qualidade do cuidado prestado e, caso necessário, traçar estratégias corretivas.

Com o suporte informatizado para a tomada de decisão, o software poderá orientar e lembrar ao médico e aos demais membros da equipe inter profissional sobre as várias opções diagnósticas e terapêuticas. Este suporte permitirá a tomada de decisões, com base na análise crítica e contextualizada das evidências cientificas mais atuais, do atendimento às políticas públicas sociais e de saúde, da racionalização e otimização na aplicação de conhecimentos, metodologias, procedimentos, instalações, equipamentos, exames complementares (bioquímicos e de imagem), insumos e medicamentos, de modo a produzir melhorias no acesso e na qualidade integral à saúde da população.

## 5 CONCLUSÕES

Com o levantamento realizado na literatura, foi possível reunir valores críticos de variáveis fisiológicas, bem como verificar o panorama científico dos índices prognósticos com bom desempenho da predição de óbito para casos traumáticos. Estes índices são baseados em observações de uma amostra geral, realizando abordagens estatísticas, desde regressões lineares e logísticas até técnicas mais sofisticadas de aprendizado de máquina e inteligência artificial, para a modelagem de modelos capazes de prever óbito e deteriorações do quadro clínico, com boa acurácia. Porém, estudos vêm surgindo, com foco específico em populações como os quatro cenários propostos em "Protocolo Clínico e de Regulação para Atendimento Inicial do Paciente Traumatizado" (PEREIRA JUNIOR, 2012) : I – Paciente traumatizado com risco imediato de morte; II – Paciente com lesões potencialmente fatais e necessidade de investigação radiológica ou avaliação especializada; III – Pacientes com lesões traumáticas aparentes, porém em extremos de vida ou que apresentem comorbidades ou com evidências de trauma de alta energia; IV – Pacientes sem lesões traumáticas aparentes.

O programa do ATLS também prevê as especificidades para a abordagem específica para pacientes especiais como os pediátricos, mulheres gestantes, idosos e vítimas de queimaduras.

Neste sentido, a literatura específica identificou quatro categorias de gravidade de pacientes traumatizados com diferentes abordagens: I) Pacientes Adultos: maiores de 18 anos e abaixo de 60 anos. II) Pacientes Pediátricos: menores de 18 anos. III) Pacientes Geriátricos: idade acima de 60 anos. IV) Pacientes Queimados: vítimas de queimaduras. V) Pacientes Gestantes. Os estudos demonstram a especificidade para cada tipo de grupo, sendo necessárias diferentes abordagens na avaliação global do estado de saúde do enfermo, além da utilização de diferentes faixas de normalidade para interpretação de exames laboratoriais e sinais vitais, bem como aplicação de diferentes e específicos índices de trauma.

A utilização de modelos baseados em aprendizado de máquina, engrandeceram as comparações entre grupos sobreviventes e não sobreviventes, alcançando acurácias maiores que 90% em 12 das 22 variáveis testadas. Além disso, o somatório das classificações de cada uma das 22 variáveis fisiológicas (0 para sobrevivente e 1 para óbito) pode ser proposto como índice de trauma com alta sensibilidade e boa especificidade, com desempenho semelhante aos índices de trauma já conhecidos.

Desta forma, o objetivo principal do trabalho foi alcançado, pois a mescla de técnicas estatísticas para proposição de valores limítrofes e críticos, com técnicas de aprendizado de máquina (classificadores KNN e Naive Bayes) conseguiram dinamizar a aplicação tecnológica e dar poder preditivo equivalente aos índices de trauma já amplamente difundidos e utilizados.

Além disso, trabalhos futuros podem realizar o mapeamento de índices prognósticos de patologias traumáticas e não traumáticas, valores críticos de exames laboratoriais e sinais vitais, parâmetros clínicos e demográficos disponíveis na literatura de forma a reunir e propor processos decisórios para cada paciente, deixando o gerenciamento clínico auxiliado por um software inteligente capaz de se adaptar para cada situação previamente prevista pelo projeto, atuando também como um Sistema de Apoio à Decisão baseado em diversos protocolos já estabelecidos na literatura e adotados nos serviços de saúde. Ainda assim, é importante ressaltar que a padronização por meio de protocolos aliados a um registro eletrônico de saúde (RES) regido por estes protocolos, pode contribuir, a curto prazo na segurança do paciente, e a longo prazo, para a educação permanente interprofissional em saúde com base nos resultados assistenciais e revisão dos processos de trabalho, tendo como os tempos adequados de resposta para as patologias mais prevalentes nas diversas linhas de cuidado.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em trabalhos futuros, deve-se ter preocupação com a legislação vigente, de forma que o *software* desenvolvido e aprimorado possa ser implantando junto a uma pesquisa prospectiva. Assim, melhorias deverão ser baseadas em padrões para repositórios clínicos, seguindo os preceitos da Certificação de Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) e Conselho Federal de Medicina (CFM), com possibilidade de ser integrado a múltiplas bases de forma distribuída, em conformidade com a Portaria nº 2.073 do Ministério da Saúde, de 2011, que estabelece os padrões para interoperabilidade de sistemas de informação em saúde e atenderá as normas aplicáveis (Resoluções CFM nos. 1638/2002 e 1639/2002, ABNT ISO TS 18.308, IEC 27011/2009 e 27004/2010). Como sugestão para sistematização do auxílio à decisão, poderão ser utilizadas estruturas de árvores de decisão e redes bayesianas.

A portaria nº 2.073 de agosto de 2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011) regulamenta a utilização dos padrões de informação em saúde e interoperabilidade. Como principais objetivos da portaria, destacamos: a utilização de ontologias, terminologias e codificações para representação de conceitos na área da saúde visando o compartilhamento das informações em saúde; permitir a interoperabilidade funcional, sintática e semântica entre sistemas de informação em saúde; identificação unívoca do usuário nos diferentes sistemas de informação em saúde. A portaria também orienta quanto aos padrões de informação a serem utilizados: OpenEHR, para definição do Registro Eletrônica em Saúde (RES); HL7 como padrão de interoperabilidade com foco na troca de resultados e solicitação de exames; SNOMED-CT, para codificação de termos clínicos e mapeamento de terminologias; TISS, para troca de informação em saúde suplementar; HL7 CDA, para definição da arquitetura do documento clínico; DICOM, para troca de exames de imagem; LOINC, IHE-PIX (*Patient Identifier Cross-Referencing*) para cruzamento de pacientes de diferentes sistemas de informação e por fim, ISO 13606-2 para interoperabilidade de modelos de conhecimento, incluindo arquétipos, *templates* e metodologia de gestão.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, J.A.; WILSON, W.C.; COIMBRA, R. Critical care rounds, notes, and use of consultants. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007. p.1233.

AGÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE SUPLEMENTAR. Padrão para troca de informações de saúde suplementar – TISS. Disponível em:

<a href="http://www.ans.gov.br/prestadores/tiss-troca-de-informacao-de-saude-suplementar">http://www.ans.gov.br/prestadores/tiss-troca-de-informacao-de-saude-suplementar</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

AHUN, E. et al. Value of the Glasgow Coma Scale, Age, and Arterial Blood Pressure (GAP) Score for Predicting the Mortality of Major Trauma Patients Presenting to the Emergency Department. **Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v.20, n.4, p.241–247, 2014.

ALLEN, C.J. et al. Predictors of mortality in pediatric trauma: experiences of a level 1 trauma center and an assessment of the International Classification Injury Severity Score (ICISS). **Pediatric Surgery International**, v.32, n.7, p.657–663, July 2016.

ALVES, R.F.; VANALLE, R.M. Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Sistemas-visão conceitual dos modelos clássico, espiral e prototipação. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). **Anais Eletrônicos...** Salvador, ABEPRO, 2001. Disponível em:

<a href="https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44207203/CICLO\_DE\_VIDA\_DE\_DE\_SENVOLVIMENTO">https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44207203/CICLO\_DE\_VIDA\_DE\_DE\_SENVOLVIMENTO</a> DE SIST20160330-5321-

sine72.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1557885908&Sign ature=9yumyd64GJPJVf06ycTU519at0A%3D&response-content-

disposition=inline%3B%20filename%3DCiclo\_De\_Vida\_De\_Desenvolvimento\_De\_Sist.pdf >. Acesso em: 4 Jul. 2018.

ATTALLAH, A.F.; KOFKE, W.A. Neurological Monitoring. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007. p.125.

BAHRAMI, S. et al. Circulating NT-proCNP predicts sepsis in multiple-traumatized patients without traumatic brain injury. **Critical Care Medicine**, v.38, n.1, p.161–166, January 2010.

BAKER, S.P. et al. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. **The Journal of trauma**, v.14, n.3, p.187–96, March 1974.

BALOGH, Z. et al. NISS Predicts Postinjury Multiple Organ Failure Better than the ISS. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v.48, n.4, p.624, April 2000.

BASTOS, M.G. et al. Biomarcadores de função renal na DRC. In: ABENSUR H. **Biomarcadores na Nefrologia**. Soc Bras Nefrol e-Book, 2011. p.8-18.

BEIGZADEH, A. et al. Epidemiology of Trauma in Shahid Bahonar Hospital in Kerman. **Journal of Emergency Practice and Trauma**, v.2, n.2, p.33–36, July 2016.

BEILMAN, G.J. et al. Early hypothermia in severely injured trauma patients is a significant risk factor for multiple organ dysfunction syndrome but not mortality. **Annals of surgery**, v.249, n.5, p.845–50, May 2009.

BEITL, E. et al. Nitric oxide as an indicator for severity of injury in polytrauma. **Science Edition Bratisl Med J**, v.117, n.4, p.217-20, 2016.

BOCHICCHIO, G.V. et al. Acute Glucose Elevation Is Highly Predictive of Infection and Outcome in Critically Injured Trauma Patients. **Annals of Surgery**, v.252, n.4, p.597–602, October 2010.

BOCHICCHIO, G.V. et al. Early hyperglycemic control is important in critically injured trauma patients. **The Journal of trauma**, v.63, n.6, p.1353-8-9, December 2007.

BOUAMRA et al. A new approach to outcome prediction in trauma: A comparison with the TRISS model. **The Journal of trauma**, v. 61, n. 3, p. 701–10, September 2006.

BOYD, C. R.; TOLSON, M. A.; COPES, W. S. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. **The Journal of trauma**, v.27, n.4, p.370–8, April 1987.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Departamento de Monitoramento e Avaliação do SUS. **Política Nacional de Informação e Informática em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

BROWN, D. et al. Trauma in silico: Individual-specific mathematical models and virtual clinical populations. **Science Translational Medicine**, v.7, n.285, p.285ra61-285ra61, April 2015.

CALVETE, J.O. et al. Acid-base disarrangement and gastric intramucosal acidosis predict outcome from major trauma. **Revista da Associacao Medica Brasileira**, v.54, n.2, p.116–121, 2008.

CANNON, C.M. et al. Utility of the Shock Index in Predicting Mortality in Traumatically Injured Patients. **The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care**, v.67, n.6, p.1426–1430, December 2009.

CARLOTTI, A.P.C.P. Abordagem clínica dos distúrbios do equilíbrio ácido-base. **Medicina** (**Ribeirao Preto. Online**), v.45, n.2, p.244-262, 2012.

CEROVIĆ, O. et al. Relationship between injury severity and lactate levels in severely injured patients. **Intensive care medicine**, v.29, n.8, p.1300–5, August 2003.

CHALLEN, K.; BRADBURN, M.; GOODACRE, S.W. Development and validation of a score to identify in the Emergency Department patients who may benefit from a time-critical intervention: a cohort study. **Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine**, v.23, p.67, September 2015.

CHAMPION, H.R. et al. A revision of the Trauma Score. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v.29, n.5, p.623–629, 1989.

CHARNOVSCKI, R. et al. Registro Eletrônico para Acompanhamento Médico de Pacientes em uma UTI. In: IX Congresso Brasileiro de Informatica em Saude. Anais do IX Congresso Brasileiro de Informatica em Saude. Ribeirão Preto, SBIS, 2004. Disponível em: <a href="https://telemedicina.unifesp.br/pub/SBIS/CBIS2004/trabalhos/arquivos/650.pdf">https://telemedicina.unifesp.br/pub/SBIS/CBIS2004/trabalhos/arquivos/650.pdf</a>. Acesso em: 4 Jul. 2018.

CHIU, W.C. Cardiovascular Monitoring. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007. p.155.

CICERO, M.X.; CROSS, K.P. Predictive value of initial glasgow coma scale score in pediatric trauma patients. **Pediatric Emergency Care**, v.29, n.1, p.43–48, January 2013.

CLARK, D.E.; RYAN, L.M. Concurrent prediction of hospital mortality and length of stay from risk factors on admission. **Health Services Research**, v.37, n.3, p.631–645, June 2002.

COHEN, J.B.; CAMPORESI, E.M.; SCHWEIGER, H.W. Respiratory Monitoring. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007. p.155.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. Resolução CFM nº 1638 de 9 de agosto de 2002. **Lex**: Seção I. Disponível em:

<a href="http://www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2002/1638\_2002.htm">http://www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2002/1638\_2002.htm</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. Resolução CFM nº 1639 de 10 de julho de 2002; **Lex**: Seção I. Disponível em:

<a href="http://www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2002/1639\_2002.htm">http://www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2002/1639\_2002.htm</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

COPES, W.S. et al. The Injury Severity Score revisited. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v.28, n.1, p.69–77, 1988.

DEZMAN, Z.D. et al. Failure to clear elevated lactate predicts 24-hour mortality in trauma patients. **The journal of trauma and acute care surgery**, v.79, n.4, p.580–5, October 2015.

DIGITAL IMAGING AND COMMUNICATIONS IN MEDICINE. **About DICOM**. Disponível em: <a href="http://dicom.nema.org/Dicom/about-DICOM.html">http://dicom.nema.org/Dicom/about-DICOM.html</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

DIRUSSO, S.M. et al. An artificial neural network as a model for prediction of survival in trauma patients: validation for a regional trauma area. **J Trauma**, v.49, n.2, p.212–213, August 2000.

DOSSETT, L.A. et al. High levels of endogenous estrogens are associated with death in the critically injured adult. **The Journal of trauma**, v.64, n.3, p.580–5, March 2008.

DOSSETT, L.A. et al. Revisiting the validity of APACHE II in the trauma ICU: improved risk stratification in critically injured adults. **Injury**, v.40, n.9, p.993–8, September 2009.

DUANE, T.M. et al. Blood glucose levels at 24 hours after trauma fails to predict outcomes. **The Journal of trauma**, v.64, n.5, p.1184–7, May 2008.

EAKINS, J. Blood Glucose Control in the Trauma Patient. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v.3, n.6, p.1373-1376, November 2009.

EL-MASRI, M.M. et al. Use of the injury severity score to predict nosocomial bloodstream infections among critically ill trauma patients. **AACN Clin Issues**, v.13, n.3, p.367–372, August 2002.

FISCHLER, L. et al. Assessment of three different mortality prediction models in four well-defined critical care patient groups at two points in time: a prospective cohort study. **European journal of anaesthesiology**, v.24, n.8, p.676–83, August 2007.

FUEGLISTALER, P. et al. Prognostic value of Sequential Organ Failure Assessment and Simplified Acute Physiology II score compared with trauma scores in the outcome of multiple-trauma patients. **The American Journal of Surgery**, v.200, n.2, p.204–214, August 2010.

GIANNOUDIS, P.V. et al. Correlation between IL-6 levels and the systemic inflammatory response score: can an IL-6 cutoff predict a SIRS state? **The Journal of trauma**, v.65, n.3, p646–52, September 2008.

GOODMANSON, N.W. et al. Defining geriatric trauma: When does age make a difference? **Surgery (United States)**, v.152, n.4, p.668–675, 2012.

HAGEMO, J.S. et al. Prevalence, predictors and outcome of hypofibrinogenaemia in trauma: a multicentre observational study. **Critical care (London, England)**, v.18, n.2, p.52, March 2014.

HAN, J. et al. External Validation of the CRASH and IMPACT Prognostic Models in Severe Traumatic Brain Injury. **Journal of Neurotrauma**, v.31, n.13, p.1146–1152, July 2014.

HEALTH LEVEL SEVEN INTERNATIONAL. **About HL7**. Disponível em: <a href="http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=nav">http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=nav</a>>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

HENSLER, T. et al. The clinical value of procalcitonin and neopterin in predicting sepsis and organ failure after major trauma. **Shock (Augusta, Ga.)**, v.20, n.5, p.420–6, November 2003.

HONARMAND, A.; SAFAVI, M. The new Injury Severity Score: A more accurate predictor of need ventilator and time ventilated in trauma patients than the Injury Severity Score. **Indian Journal of Critical Care Medicine**, v.14, n.2, p.110–117, April 2008.

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DE RIBEIRÃO PRETO. Relatório de atividades. 2015.

HURR, H. et al. APACHE II and ISS scores as predictors of nosocomial infections in trauma patients. **American Journal of Infection Control**, v.27, n.2, p.79–83, April 1999.

INTERNACIONAL ELETROTECHNICAL COMISSION. **ISO/IEC 27004**: Monitoring, measurement, analysis and evaluation. 2016. Disponível em: <a href="https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27004:ed-2:v1:en">https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27004:ed-2:v1:en</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

INTERNACIONAL ELETROTECHNICAL COMISSION. **ISO/IEC 27011**: Code of practice for Information security controls based on ISO/IEC 27002 for telecommunications organizations. 2016. Disponível em: <a href="https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27011:ed-2:v1:en">https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27011:ed-2:v1:en</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

ISHIKAWA, K. et al. Clinical Significance of Fibrinogen Degradation Product Among Traumatized Patients. **Air Medical Journal**, v.36, n.2, p.59–61, March 2017.

JASTROW, K.M. et al. Early Cytokine Production Risk Stratifies Trauma Patients for Multiple Organ Failure. **Journal of the American College of Surgeons**, v.209, n.3, p.320–331, September 2009.

JO, S. et al. Modified early warning score with rapid lactate level in critically ill medical patients: the ViEWS-L score. **Emergency medicine journal :EMJ**, v.30, n.2, p.123–9, Febuary 2013.

KAHLOUL, M. et al. Value of anatomic and physiologic scoring systems in outcome prediction of trauma patients. **European Journal of Emergency Medicine**, v.21, n.2, p.125–129, April 2014.

KERNER, T. et al. L-selectin in trauma patients: A marker for organ dysfunction and outcome? **European Journal of Clinical Investigation**, v.29, n.12, p.1077–1086, December 1999.

KREUTZIGER, J. et al. Admission blood glucose is an independent predictive factor for hospital mortality in polytraumatised patients. **Intensive care medicine**, v.35, n.7, p.1234–9, July 2009.

KUBOTA, K. et al. Measurement of liver volume and hepatic functional reserve as a guide to decision-making in resectional surgery for hepatic tumors. **Hepatology**, v.26, n.5, p.1176-1181, 1997.

KUHLS, D.A. et al. Predictors of mortality in adult trauma patients: The physiologic trauma score is equivalent to the trauma and injury severity score. **Journal of the American College of Surgeons**, v.194, n.6, p.695–704, June 2002.

LACERDA; P.B. Experimento de um Classificador de Padrões Baseado na Regra Naive de Bayes. **INFOCOMP**, v.3, n.1, p.30-35, 2004.

LAM, S.W. et al. Validation of a base deficit-based trauma prediction model and comparison with TRISS and ASCOT. **European Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v.42, n.5, p.627–633, October 2016.

LARRANAGA, P. et al. Machine learning in bioinformatics. **Briefings in bioinformatics**, v.7, n.1, p.86-112, 2006.

LEVI, Y. et al. Base Excess as a Predictor for Injury Severity in Pediatric Trauma Patients. **The Journal of Emergency Medicine**, v.45, n.4, p.496–501, October 2013.

LIPPI, G. et al. Critical laboratory values in hemostasis: toward consensus. **Annals of Medicine**, v.49, n.6, p.455–61, Febuary 2017.

LOGICAL OBSERVATION IDENTIFIERS NAMES AND CODES. **FAQ: LOINC Basics**. Disponível em: <a href="https://loinc.org/faq/basics/">https://loinc.org/faq/basics/</a>>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

LUNDBERG, G.D. When to panic over abnormal values. **MLO Med Lab Obs**, v.4, n.1, p.47–54, 1972.

MACLEOD, J.B. et al. Early coagulopathy predicts mortality in trauma. **The Journal of trauma**, v.55, n.1, p.39–44, July 2003.

MAJERCIK, S. et al. Red cell distribution width is predictive of mortality in trauma patients. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v.74, n.4, p.1021–1026, April 2013.

MALONE, D.L.; NAPOLITANO, L.M. Anemia: Diagnosis and Treatment. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007. p.961.

MALUCELLI, A. et al. Sistema de informação para apoio à Sistematização da Assistência de Enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v.63, n.4, p.629-36, 2010.

MESOTTEN, D.; VANHOREBEEK, I.; BERGHE, V. Glucose and Insulin management in critical care. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007. p.1075.

MILHAM, F.H. et al. Predictive accuracy of the TRISS survival statistic is improved by a modification that includes admission pH. **Archives of surgery (Chicago, Ill.: 1960)**, v.130, n.3, p.307–11, March 1995.

MILLER, P.R. et al. Relationship of early hyperglycemia to mortality in trauma patients. **The Journal of trauma**, v.56, n.5, p.1058–1062, May 2004.

MINISTERIO DA SAUDE. Portaria 2.073 de 31 de agosto de 2011. Brasil: **Diário Oficial da União**, 2011. Disponível em:

<a href="http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2073\_31\_08\_2011.html">http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2073\_31\_08\_2011.html</a>: Acesso em: 5 Nov. 2017.

MITRA, B. et al. Early prediction of acute traumatic coagulopathy. **Resuscitation**, v.82, n.9, p.1208–1213, September 2011.

MOODY, D. et al. Evaluating the quality of information models: empirical testing of a conceptual model quality framework. In: 25th International Conference on Software Engineering. **Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering**. Portland, ICSE, 2003. Disponível em: <a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/1201209">https://ieeexplore.ieee.org/document/1201209</a>. Acesso em: 4 Jul. 2018.

MOORE, L. et al. Unification of the revised trauma score. **The Journal of trauma**, v.61, n.3, p.718–22, September 2006.

O'REILLY, E.; LUJAN, E. Splanchnic and Renal Monitoring. In: WILSON, W.C.; GRANDE, C.M.; HOYT, D.B. **Trauma critical care 2**. Nova Iorque: Informa Healthcare, 2007, p.171.

OHMORI, T. et al. Admission fibrinogen levels in severe trauma patients: A comparison of elderly and younger patients. **Injury**, v.46, n.9, p.1779–1783, September 2015.

OPENEHR. **What is openEHR?**. Disponível em: <a href="http://www.openehr.org/home.html">http://www.openehr.org/home.html</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

OSLER, T. A trauma mortality prediction model based on the anatomic injury scale. **Annals of surgery**, v.247, n.6, p.1041–8, June 2008.

PARADIS, N. A. et al. Hematocrit as a predictor of significant injury after penetrating trauma. **The American journal of emergency medicine**, v.15, n.3, p.224-228, 1997.

PARSIKIA, A. et al. The Predictive Value of Initial Serum Lactate in Trauma Patients. **Shock**, v.42, n.3, p.199–204, September 2014.

PEREIRA JUNIOR, G.A. Protocolo Clínico e de Regulação para atendimento inicial do paciente traumatizado. In: José Sebastião dos SANTOS, J.S.; PEREIRA JUNIOR, G.A.; BLIANCHERIENE, A.C.; FORSTER, A.C. **Protocolos Clínicos e de Regulação: acesso à rede de saúde**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p.331-346.

PEREIRA JUNIOR, G.A. et al. Caracterização dos pacientes traumatizados atendidos na Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo utilizando os indices de gravidade RTS, ISS E TRISS, **BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista (Online).** São Paulo: scielossp, 2009.

PEREIRA JUNIOR, G.A. et al. ÍNDICES DE TRAUMA. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v.32, n.3 SE-Simpósio: Trauma I, September 1999.

PHP. **PHP: Prefácio - Manual**. Disponível em: <a href="http://php.net/manual/pt\_BR/preface.php">http://php.net/manual/pt\_BR/preface.php</a>. Acesso em: 11 Mai. 2017.

PRESSMAN, R.S; **Software engineering: a practitioner's approach**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2005.

RAIMUNDO, M. et al. Low systemic oxygen delivery and BP and risk of progression of early AKI. Clinical Journal of the American Society of Nephrology, v.10, n.8, p.1340–1349, August 2015.

RAINER, T.H. et al. Role of monocyte L-selectin in the development of post-traumatic organ failure. **Resuscitation**, v.51, n.2, p.139–149, November 2001.

RASCHKA, S. Python machine learning. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2015.

REENSKAUG, T.M.H. **MVC XEROX PARC**. Disponível em: <a href="http://folk.uio.no/trygver/2007/MVC">http://folk.uio.no/trygver/2007/MVC</a> Originals.pdf>. Acesso em: 30 Nov. 2018.

REITER, A. et al. Improving risk adjustment in critically ill trauma patients: the TRISS-SAPS Score. **The Journal of trauma**, v.57, n.2, p.375–380, August 2004.

RIXEN, D.; SIEGEL, J.H. Metabolic correlates of oxygen debt predict posttrauma early acute respiratory distress syndrome and the related cytokine response. **The Journal of trauma**, v.49, n.3, p.392–403, September 2000.

ROUSSEAU, J. J. **Pensador**. Disponível em: <a href="https://www.pensador.com/frase/Mzc1Nw/">https://www.pensador.com/frase/Mzc1Nw/</a>>. Acesso em: 18 Abr. 2019.

RUTLEDGE, R. et al. Comparison of APACHE II, trauma score, and injury severity score as predictors of outcome in critically injured trauma patients. **The American Journal of Surgery**, v.166, n.3, p.244–247, September 1993.

SAAD, S. et al. Venous glucose, serum lactate and base deficit as biochemical predictors of mortality in patients with polytrauma. **Ulus Travma Acil Cerrahi Derg Qucik Response Code Ulus Travma Acil Cerrahi Derg**, v.2222, n.11, p.29–33, 2016.

SALEHPOUR, F. et al. Can Serum Glucose Level in Early Admission Predict Outcome in Patients with Severe Head Trauma? **World Neurosurgery**, v.87, p.132–135, March 2016.

SANTOS, C.M.D.C.;PIMENTA, C.A.D.M.;NOBRE, M.R.C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Rev Latino-am Enfermagem**, v.15, n.3, p.2–5, 2007.

SAUAIA, A. et al. Early predictors of postinjury multiple organ failure. **Archives of surgery (Chicago, Ill.: 1960)**, v.129, n.1, p.39–45, January 1994.

SCHLUTER, P.J. et al. Trauma and Injury Severity Score (TRISS) Coefficients 2009 Revision. **The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care**, v.68, n.4, p.761–770, April 2010.

SNOMED INTERNATIONAL. **Whats is SNOMED-CT?**. Disponível em: <a href="https://www.snomed.org/snomed-ct/what-is-snomed-ct">https://www.snomed.org/snomed-ct/what-is-snomed-ct</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

SUBBE, C.P. et al. Validation of a modified Early Warning Score in medical admissions. **QJM: monthly journal of the Association of Physicians**, v.94, n.10, p.521–526, October 2001.

SUNG, J. et al. Admission hyperglycemia is predictive of outcome in critically ill trauma patients. **The Journal of trauma**, v. 59, n. 1, p. 80–3, July 2005.

TABAK, Y.P. et al. Using electronic health record data to develop inpatient mortality predictive model: Acute Laboratory Risk of Mortality Score (ALaRMS). **Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA**, v.21, n.3, p.455–63, October 2014.

TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 215, HEALTH INFORMATICS. **ISO 18308**: Requirements for an electronic health record architecture. 2011. Disponível em: <a href="https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18308:ed-1:v1:en">https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18308:ed-1:v1:en</a>. Acesso em: 5 Nov. 2017.

THE JOANNA BRIGGS INSTITUTE. **Methodology for JBI Scoping Reviews, Reviewers' Manual**. Adelaide, 2015.

THISTLE, V.G. et al. Clinical Decision Making Regarding the Use of Vital Signs in Physical Therapy. **Physical Therapy and Rehabilitation**, v.3, n.1, p.7, December 2016.

UNIDADE DE EMERGÊNCIA DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS DE RIBEIRÃO PRETO. **Manual do usuário da Unidade de Emergência**. 2012.

VASSAR, M.J. et al. Comparison of APACHE II, TRISS, and a proposed 24-hour ICU point system for prediction of outcome in ICU trauma patients. **The Journal of trauma**, v.32, n.4, p.490–500, April 1992.

WAHL, W.L. et al. Mean glucose values predict trauma patient mortality. **The Journal of trauma**, v.65, n.1, p.42-8, July 2008.

WAZLAWICK, R.S. Análise e projeto de sistemas de informação orientados à objetos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WEEKS, S.R. et al. A modified Kampala trauma score (KTS) effectively predicts mortality in trauma patients. **Injury**, v.47, n.1, p.125–129, January 2016.

WHITAKER, I.Y.; GENNARI, T.D.; WHITAKER, A.L. The difference between ISS and NISS in a series of trauma patients in Brazil. **Annual proceedings. Association for the Advancement of Automotive Medicine**, v.47, p.301–9, September 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for trauma quality improvement programmes. 2009.

WYATT, J.P.; BEARD, D.; BUSUTTIL, A. Quantifying injury and predicting outcome after trauma. **Forensic Science International**, v.95, n.1, p.57–66, July 1998.

YENDAMURI, S.; FULDA, G.J.; TINKOFF, G.H. Admission hyperglycemia as a prognostic indicator in trauma. **The Journal of trauma**, v.55, n.1, p.33–8, July 2003.