

Elói Martins Senhoras
(Organizador)

Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2



Elói Martins Senhoras
(Organizador)

Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



Políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Elói Martins Senhoras

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P769 Políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação 2 /
Organizador Elói Martins Senhoras. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0344-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.449222906>

1. Tecnologia. I. Senhoras, Elói Martins (Organizador).

II. Título.

CDD 601

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O objetivo desta obra é apresentar a riqueza existente nos estudos de Ciência, Tecnologia e Inovação a partir de uma abrangente agenda de estudos que valoriza a pluralidade temática, metodológica e teórica para analisar a realidade empírica, partindo do ambiente escolar até se chegar ao meio empresarial.

A proposta implícita nesta obra valoriza a pluralidade teórica e metodológica por meio de um trabalho coletivo de pesquisadoras e pesquisadores de distintas formações acadêmicas e expertises, o que repercutiu em uma rica oportunidade para explorar as fronteiras do conhecimento sobre a Ciência, Tecnologia e Inovação.

Escrito por um conjunto diversificado de profissionais brasileiros advindos de diferentes estados macrorregiões do país, o presente livro expressa uma rica pluralidade de agendas de pesquisas construídas em diferentes instituições de ensino e pesquisa públicas e privadas e com base em distintas realidades e experiências.

O livro oferece um total de doze capítulos que abordam distintas realidades empíricas, por meio de estudos de caso que possibilitam um olhar multidisciplinar sobre temas relevantes sobre Ciência, Tecnologia e Inovação a partir das contribuições analíticas advindas dos campos epistemológicos de Educação, Administração e Engenharia de Produção.

Com base nas discussões e resultados obtidos nesta obra, uma rica construção epistemológica sobre Ciência, Tecnologia e Inovação fundamentada em relevantes análises de estudos de casos que corroboram para a produção de novas informações e conhecimentos sobre a realidade da escola à empresa.

A indicação deste livro é recomendada para um extenso número de leitores, uma vez que foi escrito por meio de uma linguagem fluída e de uma abordagem didática, acessível, tanto para um público leigo não afeito a tecnicismos, quanto para um público especializado de acadêmicos ou de profissionais que lidam com Ciência, Tecnologia e Inovação.

Excelente leitura!

Elói Martins Senhoras

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A IMPORTÂNCIA DO CLIMA ORGANIZACIONAL PARA UMA GESTÃO EFICAZ DA ESCOLA

Dirceu Fernando Belotto

Rosimeire Martins Régis dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229061>

CAPÍTULO 2..... 16

CULTURA POPULAR E EDUCAÇÃO POPULAR: UM OLHAR PARA O SISTEMA EDUCACIONAL DE JOVENS E ADULTOS ABARCADO PELO EDUCADOR PAULO FREIRE

Renata Maria Oliveira Mendes

Antônio Carlos Frasson

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229062>

CAPÍTULO 3..... 27

NÍSIA FLORESTA E A LUTA PELA EDUCAÇÃO FEMININA

Bárbara Lúcia Takei Barbieri Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229063>

CAPÍTULO 4..... 40

PERCEPÇÕES SOBRE A PROGRAMAÇÃO E A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO POTENCIAIS GERADORA DE SITUAÇÕES DIDÁTICAS

Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos

Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro

Jussara Rodrigues Ciappina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229064>

CAPÍTULO 5..... 58

A SEMIÓTICA PEIRCEANA, OS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO E AS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES: UM ESTUDO ENVOLVENDO OS TRÊS REFERENCIAIS E O CONTEÚDO SOLUBILIDADE QUÍMICA

Maysa de Fátima Moraes Frauzino

Elaine da Silva Ramos

Carlos Eduardo Laburú

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229065>

CAPÍTULO 6..... 70

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO IOT PARA SENSORIAMENTO HÍDRICO EM TEMPO REAL

Jorge Otta Júnior

Leandro Augusto de Carvalho

Pedro Luiz de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229066>

CAPÍTULO 7	88
UMA APLICAÇÃO DE RANDOM SURVIVAL FORESTS NA AVALIAÇÃO DE DADOS DE FALHA DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSAS	
Ricardo de Melo e Silva Accioly	
Rafael de Olivaes Valle dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229067	
CAPÍTULO 8	102
RESEARCH OF 3D PRINTING TECHNIQUES WITH METALS	
Rômulo da Costa Delmondes	
Marcelo Antonio Adad de Araújo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229068	
CAPÍTULO 9	119
APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS EM LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	
Milena Lucas dos Santos	
Fabiana Frata Furlan Peres	
Valéria Nunes dos Santos	
Claudio Roberto Marquette Mauricio	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229069	
CAPÍTULO 10	132
O TRABALHO DE CATADORES DE MATERIAL RECICLADO COMO INSTRUMENTO PARA SENSIBILIZAR A PARTICIPAÇÃO NA COLETA SELETIVA	
Paola de Cassia Ferreira Borges	
Rosemari Castilho Foggiatto Siveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290610	
CAPÍTULO 11	144
PREVALÊNCIA DA SÍNDROME DE BURNOUT ENTRE PROFISSIONAIS DE SAÚDE QUE ATUAM EM UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA	
Vanessa Paula da Silva Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290611	
CAPÍTULO 12	155
A GESTÃO FINANCEIRA E SUA IMPORTÂNCIA NAS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS	
Edivaldo Braga de Oliveira	
Gabriel Babichi Siqueira	
Moises da Silva Martins	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290612	
SOBRE O ORGANIZADOR	167
ÍNDICE REMISSIVO	168

UMA APLICAÇÃO DE RANDOM SURVIVAL FORESTS NA AVALIAÇÃO DE DADOS DE FALHA DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSAS

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 07/04/2022

Ricardo de Melo e Silva Accioly

D.Sc. em Engenharia de Produção UFRJ
Instituto de matemática e Estatística da UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0001-6513-3443>

Rafael de Olivaes Valle dos Santos

D.Sc. em Engenharia Elétrica PUC-RIO
PETROBRAS
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0003-4103-6600>

RESUMO: A análise de dados de tempo até um evento é um campo bem desenvolvido na área de estatística, onde o uso de métodos não paramétricos, semi-paramétricos e paramétricos tem sido muito desenvolvido e aplicado. O uso de métodos baseados em árvores, que pode ser enquadrado no contexto do aprendizado estatístico ou de máquina, foi desenvolvido paralelamente, tendo sido usado inicialmente em problemas de regressão e classificação, posteriormente em análise de sobrevivência (*survival trees*). Neste estudo inicialmente é ajustada uma *survival tree*, que permite maior interpretabilidade, mas que geralmente não gera boas previsões, posteriormente são usadas as *random survival forests* buscando aprimorar a acurácia das previsões. Finalmente a acurácia de previsão destas últimas é comparada com os modelos de Cox (semi-paramétrico) e um modelo

de tempo de falha acelerado usando o escore de Brier.

PALAVRAS-CHAVE: Random survival forests, bombas centrífugas submersas, poços marítimos.

ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMPS FAILURE ANALYSIS WITH RANDOM SURVIVAL FORESTS

ABSTRACT: The analysis of time to event data is a well-developed field in statistics, where the use of nonparametric, semi-parametric and parametric methods has been widely developed and applied. The use of tree-based methods, which can be framed in the context of statistical or machine learning, was developed in parallel, having been initially used in regression and classification problems, later in *survival trees*. In this study initially a *survival tree* is adjusted, which allows greater interpretability, but that generally does not generate good predictions, later a *random survival forests* are used to improve the accuracy of predictions. Finally, the accuracy of prediction of the latter is compared with Cox model and an accelerated failure time model using the Brier score.

KEYWORDS: Random survival forests, electrical submersible pumps, offshore wells.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de métodos baseados em árvores, que se enquadra no contexto do aprendizado estatístico ou de máquina, como pode ser visto em (JAMES *et al.*, 2013), é muito usado

em problemas de regressão e classificação. A abordagem através de árvores envolve estratificar ou segmentar o espaço de preditores (variáveis explicativas) em uma série de regiões. O conjunto de regras de divisão usados para segmentar o espaço de resultados pode ser resumido em uma árvore, esse tipo de abordagem é muitas vezes denominado de método de árvore de decisão.

O uso de árvores em sua forma original (BREIMAN *et al.*, 1984), representa uma maneira simples e útil para interpretação dos fatores que influenciam uma determinada variável dependente. No entanto, eles muitas vezes não são competitivos em termos de acurácia de previsão. Para aprimorar seus resultados podem ser aplicados os métodos de *bagging* (BREIMAN, 1996) e *random forests* (BREIMAN, 2001), que geram múltiplas árvores que são combinadas para produzir uma única previsão de consenso (*ensemble*). Combinar muitas árvores pode, muitas vezes, resultar em melhorias na acurácia da previsão, mas como contraponto há perda na interpretação da árvore.

O método *random forests* (RF) proporciona uma melhoria sobre o *bagging* por meio de um pequeno ajuste que descorrelaciona as árvores. Isso reduz a variância quando fazemos a média das árvores (JAMES *et al.*, 2013). Como no método *bagging*, construímos uma série de árvores de decisão a partir de amostras *bootstrap* de treinamento. Entretanto, ao construir essas árvores, cada vez que uma divisão é considerada, uma seleção aleatória de m preditores é escolhida como candidatos a dividir o conjunto completo de p preditores. A divisão somente é permitida para apenas um desses m preditores. Uma nova seleção de m preditores é tomada a cada divisão e normalmente adota-se para m um valor que é aproximadamente igual à raiz quadrada do número total de preditores.

As primeiras tentativas de aplicação do método de árvores em análise de sobrevivência (*survival trees* - ST) foram apresentadas em (CIAMPI *et al.*, 1986) e (GORDON; OLSHEN, 1985). As principais diferenças entre uma árvore de sobrevivência e a árvore de decisão padrão é que na primeira temos a presença de dados censurados, que é característico neste tipo de análise, ocasionando a necessidade de outros critérios de partição. As regras de partição em árvores de sobrevivência, em geral, se baseiam em dois métodos. Medidas de distância em um nó que buscam maximizar a diferença entre observações ou medidas de pureza do nó que buscam agrupar observação semelhante em um único nó. Em (CIAMPI *et al.*, 1986) foi proposta uma medida de distância baseada no teste de *logrank* e em (GORDON; OLSHEN, 1985) foi proposta uma medida de pureza baseada nas estimativas de Kaplan-Meier.

As *random survival forests* (RSF) foram propostas por Ishwaran et al. (ISHWARAN *et al.*, 2008) permitindo que as RF pudessem ser aplicadas em dados censurados à direita. A metodologia das RSF segue o mesmo algoritmo que das RF que foi desenvolvido por Breiman (2001).

Wang, Li e Reddy (2019) fizeram uma excelente consolidação dos métodos de aprendizado de máquina para análise de dados de sobrevivência. A Figura 1 mostra um

recorte do que eles apresentaram, selecionando apenas os métodos relacionados ao aprendizado de máquina, com destaque para os relacionados a árvores de sobrevivência.

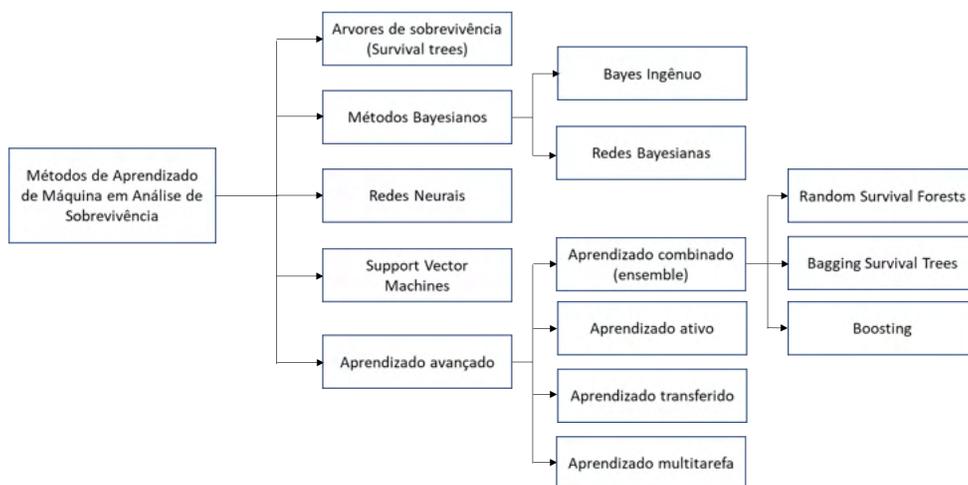


Figura 1 – Métodos de aprendizado de máquina em Análise de Sobrevivência.

Fonte: Wang, Li e Reddy (2019).

Na Seção 2, a seguir, é feita uma breve descrição dos dados utilizados. Na Seção 3 é detalhada a metodologia das ST e RSF. Na Seção 4 são apresentados os resultados da análise dos dados de bombas centrífugas submersas utilizadas na elevação artificial de petróleo e finalmente na Seção 5 é feita uma discussão sobre os resultados obtidos e apontando algumas conclusões com relação ao uso desta metodologia.

2 | DESCRIÇÃO DOS DADOS UTILIZADOS

Um reservatório de petróleo pode ter pressão suficiente para levar o hidrocarboneto da sua formação rochosa à superfície sem o uso de qualquer mecanismo de elevação. Esses poços são conhecidos como poços surgentes. Quando a pressão do reservatório é baixa, os fluidos oriundos do poço não têm capacidade de surgir na superfície, sendo então necessário o uso de um método de elevação artificial.

Um dos métodos de elevação utilizados são as bombas centrífugas submersas (BCS), que são o escopo desta análise de falhas deste trabalho. Na Figura 2 é apresentado uma representação esquemática de uma BCS.

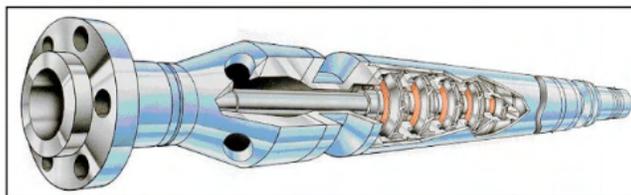


Figura 2 – Esquema de uma bomba centrífuga submersa.

Fonte: Petrobras.

Os dados de tempo de vida das de bombas centrífugas submersas (BCS) analisados são relativos ao período de 1989 a 1994 e se referem às instalações de BCS no Polo Nordeste da Bacia de Campos, situado no Estado do Rio de Janeiro. A amostra contém 338 observações de tempos de vida (210 falhas e 128 censuras) e as respectivas variáveis explicativas da sua duração (Tabela 1). Estes dados foram utilizados anteriormente em (ACCIOLY, 1995).

Variável	Descrição	Unidade
Fab	Fabricante da bomba e motor	0 e 1
Hp	Potência do motor	Hp
Sep	Existência ou não de separador de gás	0 e 1
Ang	Ângulo máximo de desvio	Graus
Temp	Temperatura média do reservatório	°C
Form	Reservatório produtor na época da instalação	0 e 1
Rgo	Razão gás-óleo média no ano da instalação	m3/m3
Bsw	Porcentagem média de água de formação no ano da instalação	%

Tabela 1 – Descrição das possíveis variáveis explicativas

3 | METODOLOGIA

Para demonstrar o uso de *survival trees* foi escolhida a metodologia baseada na inferência condicional, que busca evitar o viés na seleção das variáveis a serem particionadas (HOTHORN; HORNIK; ZEILEIS, 2006). Simplificadamente o algoritmo funciona da seguinte forma:

1. Teste a hipótese nula global de independência entre qualquer uma das variáveis explicativas (X) e a variável dependente (Y). Pare se essa hipótese não puder ser rejeitada. Caso contrário, selecione a variável explicativa (X) com maior associação à Y . Esta associação é medida por um teste de classificação linear baseado em permutações. Utilizando-se a distribuição da estatística de classificação resultante,

os p-valores são avaliados e a variável explicativa com o menor p-valor é a que tem a associação mais forte com a variável resposta;

2. Implemente uma divisão binária na variável de explicativa selecionada;
3. Repetir recursivamente os passos (1) e (2).

Maiores detalhes sobre a metodologia de árvores de inferencial condicional podem ser encontrados em Hothorn, Hornik e Zeileis (2006) .

A metodologia das RSF desenvolvida por Ishwaran *et al.* (2008) segue os princípios gerais do que foi proposto por Breiman (2001), mas com adaptações devido a censura à direita:

1. Gerar B amostras *bootstrap*;
2. Crescer uma árvore para cada amostra *bootstrap* $b=1, \dots, B$:
 - a. Em cada nó da árvore selecione um subconjunto $m(m < p)$ das p variáveis explicativas;
 - b. Entre todas as partições binárias das variáveis explicativas selecionadas em (a), ache a melhor partição entre dois subconjuntos (nós filhos) através de um critério de partição adequado a dados censurados à direita (ex.: *logrank* (ISHWARAN; LU, 2019));
 - c. Repetir (a) e (b) recursivamente em cada nó filho até que um critério de parada seja encontrado.
3. Agregar toda informação obtida dos nós terminais das B arvores de sobrevivência para obter uma previsão de consenso (*ensemble*). A combinação é calculada através da média das previsões.

As RSF geram dois tipos de previsões, curvas de sobrevivência e a função de risco acumulada (FRA). Em cada nó terminal é gerada uma previsão da curva de sobrevivência e da função de risco acumulada. Seja j um nó terminal da árvore em que,

$$t_{1,j} < t_{2,j} < \dots < t_{k(j),j} \quad (1)$$

são mortes distintas em j . Sejam d_{ij}^* e R_{ij}^* iguais ao número de mortes e de indivíduos sob risco no tempo $t_{i,p}$, sendo que aqui o asterisco em d e R representa uma amostra *bootstrap*. A FRA e a curva de sobrevivência para j são estimadas usando as estimativas de *bootstrap* dos estimadores de Nelson-Aalen e de Kaplan-Meier (ISHWARAN; LU, 2019), que neste caso representam o que se denomina estimativas “in-bag” (IB).

$$H_j^{IB}(t) = \sum_{t_{i,j} \leq t} \frac{d_{i,j}^*}{R_{i,j}^*} \quad (2)$$

$$S_j^{IB}(t) = \prod_{t_{i,j} \leq t} \left(1 - \frac{d_{i,j}^*}{R_{i,j}^*} \right) \quad (3)$$

Para se estimar $H(t | X)$ e $S(t | X)$ para uma variável explicativa X , nós seguimos as partições da árvore e localizaremos um nó terminal que contenha X . Este nó será único devido à natureza binária das árvores. A FRA e a curva de sobrevivência para X são as amostras de *bootstrap* de Nelson-Aalen e de Kaplan-Meier no nó terminal correspondente a X .

$$H^{IB}(t|X) = H_j^{IB}(t), \quad \text{se } X \in j \quad (4)$$

$$S^{IB}(t|X) = S_j^{IB}(t), \quad \text{se } X \in j \quad (5)$$

As amostras *bootstrap* usam em média 2/3 da amostra original (“in-bag”) deixando cerca de 1/3 de fora da amostra (“out-of-bag” ou *OOB*) (JAMES *et al.*, 2013). Sabendo disso é possível se obter estimativas *OOB* dos estimadores e Nelson-Aalen e de Kaplan-Meier. Estas estimativas nos permitem ter uma prévia do erro de previsão de uma amostra de teste.

$$H^{OOB}(t|X_{OOB}) = H_j^{IB}(t), \text{ se } X \in OOB \quad (6)$$

$$S^{OOB}(t|X_{OOB}) = S_j^{IB}(t), \text{ se } X \in OOB \quad (7)$$

As estimativas de consenso da FRA e da curva de sobrevivência são obtidas fazendo-se a média das estimativas obtidas nos nós terminais. Estas estimativas *IB* são dadas por,

$$\bar{H}^{IB}(t|X) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B H_b^{IB}(t|X) \quad (8)$$

$$\bar{S}^{IB}(t|X) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B S_b^{IB}(t|X) \quad (9)$$

O mesmo critério é utilizado para se obter as estimativas de consenso das amostras *OOB*. Considerando a contabilização dos casos em que $X \in OOB$ em N_{OOB} , temos que,

$$\bar{H}^{OOB}(t|X_{OOB}) = \frac{1}{N_{OOB}} \sum_{b \in N_{OOB}} H_b^{IB}(t|X_{OOB}) \quad (10)$$

$$\bar{S}^{OOB}(t|X_{OOB}) = \frac{1}{N_{OOB}} \sum_{b \in N_{OOB}} S_b^{IB}(t|X_{OOB}) \quad (11)$$

Observar que as estimativas *OOB* só servem para estimar o erro de previsão do modelo. As estimativas *IB*, no entanto, podem ser usadas para previsão da FRA e da curva de sobrevivência.

Os erros de previsão são obtidos através do índice de concordância de Harrell (índice C) (ISHWARAN *et al.*, 2008). Este índice é muito usado em modelos de sobrevivência. Ele

pode variar de 0 a 1, onde 1 significa desempenho perfeito e 0 significa pior desempenho possível. Se um modelo não levasse em conta qualquer informação dos dados, ou seja, fosse feita uma previsão aleatória, então o índice C correspondente seria em torno de 0,5. No caso das RSF este índice é calculado a partir da mortalidade. Seja $t_1 < \dots < t_m$ o conjunto de tempos (únicos) em que ocorrem eventos no conjunto de aprendizado (IB). A mortalidade de consenso para uma variável explicativa X é definida por,

$$\bar{M}^{IB}(X) = \sum_{j=1}^m \bar{H}^{IB}(t_j|X) \quad (12)$$

A estimativa acima nos dá o número de mortes esperadas se todos os casos fossem similares a X . Para o cálculo do índice de concordância de Harrell usamos a mortalidade de consenso do conjunto OOB que é definida por Ishwaran *et al.* (2008) e Ishwaran e Lu (2019):

$$\bar{M}^{OOB}(X_{OOB}) = \sum_{j=1}^m \bar{H}^{OOB}(t_j|X_{OOB}) \quad (13)$$

A partir do valor acima é calculado o índice C conforme pode ser visto em Ishwaran *et al.* (2008). A taxa de erro (TE) é $TE=1-C$ e apresenta valores entre $0 \leq TE \leq 1$. Quanto mais próximo de zero melhor, sendo que um valor igual a 0,5 corresponde a um modelo semelhante a um chute aleatório.

4 | APLICAÇÃO

Para a aplicação das *survival trees* foram geradas duas amostras aleatórias de treino, através de sementes diferentes, contendo 90% dos dados originais. O objetivo ao se criar duas amostras de treino foi para destacar o principal problema das *survival trees* que é sua instabilidade em função de mudança no conjunto de dados de treino. Para obtenção das árvores foi utilizada a biblioteca do R partykit (HOTHORN; SEIBOLD; ZEILEIS, 2021).

A Figura 3 apresenta a árvore obtida para o 1º conjunto de treino e a Figura 4 apresenta a árvore para o 2º conjunto de treino. É fácil observar a diferença entre os dois resultados. No 1º caso a **rgo** é vista como uma variável importante na partição da árvore, enquanto na 2ª ela desaparece. Esta instabilidade afeta os resultados dos nós terminais onde vemos que na 1ª árvore existem quatro nós terminais com as respectivas curvas de sobrevivência e na 2ª árvore apenas três nós terminais. Apesar da clareza da apresentação dos resultados, este ponto fraco limita a utilidade das *survival trees*.

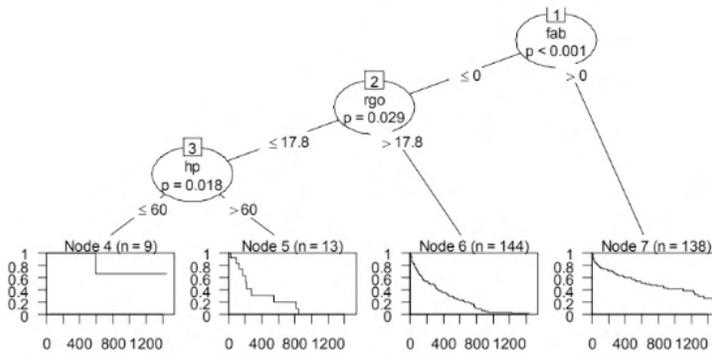


Figura 3 – *Survival tree* para o 1º conjunto de treino.

Fonte: Autor.

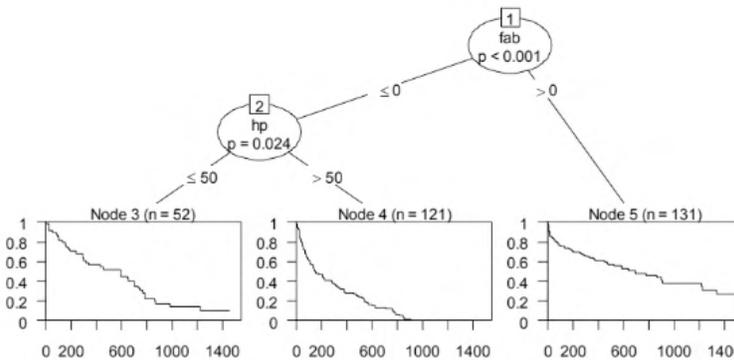


Figura 4 – *Survival tree* para o 2º conjunto de treino.

Fonte: Autor.

A metodologia das RSF não tem este problema, pois nela as previsões são baseadas no consenso (*ensemble*) de um conjunto de amostras *bootstrap*, mas é perdida a clareza da visualização do resultado da *survival tree*, ou seja, a árvore com suas partições e grupos de dados.

Para desenvolver a aplicação foi utilizada a biblioteca do R `randomForestSRC` (ISHWARAN; KOGALUR, 2021). Alguns parâmetros necessitam ser definidos antes da obtenção da RSF:

1. Vamos gerar RSF para $B=100$ e $B=600$ amostras *bootstrap*;
2. Como temos $p = 8$ variáveis explicativas, vamos definir com o número máximo de variáveis a serem escolhidas aleatoriamente a cada etapa como sendo $m=\sqrt{8} \approx 3$, que é o valor recomendado pela literatura;
3. O nó terminal deverá ter pelos menos 10 casos únicos, que foi o valor sugerido após otimização deste parâmetro.

Na Figura 5 são apresentados os resultados obtidos considerando $B = 100$, através dele vemos que a taxa de erro desce até 20 árvores e depois começa a subir e posteriormente temos nova queda. Em termos de importância das variáveis explicativas analisadas vemos que **hp** e **fab** são bem mais relevantes que as demais. A medida de importância da variável é obtida de forma não paramétrica usando a medida de Breiman-Cutler (ISHWARAN *et al.*, 2008) que costuma ser denominada de importância de permutação.

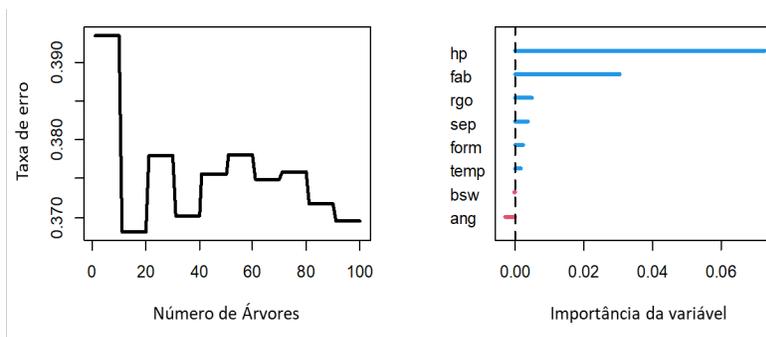


Figura 5 – (a) Taxa de Erro por nº de árvores e (b) Importância das variáveis.

Fonte: Autor.

Na Figura 6 são apresentados os resultados obtidos considerando $B = 600$, através dele vemos que a taxa de erro desce no início até 350 árvores e depois flutua até chegarmos a 600 árvores. Esta quantidade de amostras apresentou maior estabilidade na taxa de erro, portanto será usada nas demais análises. Observar que esta taxa de erro é calculada com base nas amostras *OOB* e não com um conjunto de teste. Em termos de importância das variáveis explicativas foi obtido resultado semelhante ao anterior em que **hp** e **fab** se destacam.

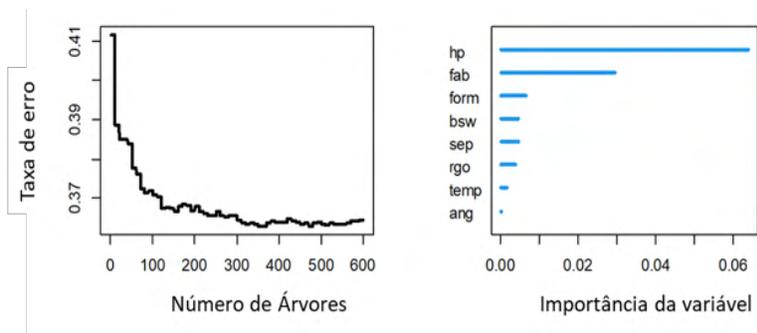


Figura 6 – (a) Taxa de Erro por nº de árvores e (b) Importância das variáveis.

Fonte: Autor.

O resultado de importância de variável está compatível com o encontrado em (ACCIOLY, 1995) no qual foram usados métodos semi-paramétricos e paramétricos. A partir dos resultados da RSF é possível se obter curvas de sobrevivência baseados em valores fixos das variáveis explicativas. As variáveis mais relevantes são a potência do motor (**hp**) e o fabricante (**fab**). Inicialmente foi selecionado o **hp** para variar, mantendo-se o fabricante igual a 0 (categoria) e o separador em 1 (presente), as variáveis contínuas ficam fixadas nos seus valores medianos. A Figura 7 mostra as duas curvas de sobrevivência para os valores de potência do motor de 60 HP e 105 HP. Fica evidente que as BCS com potências mais elevadas têm maior probabilidade de falhas e conseqüentemente menores chances de sobrevivência.

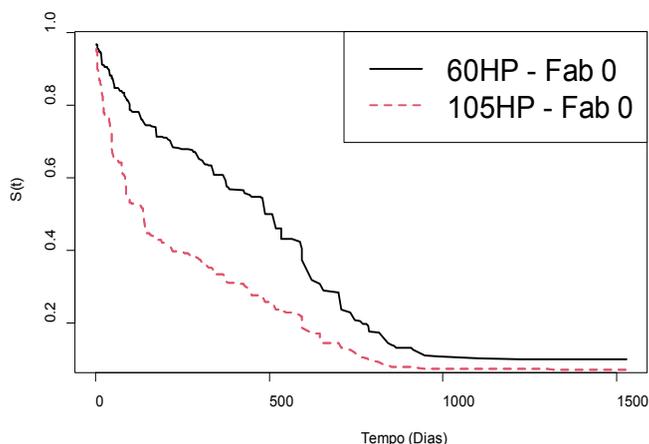


Figura 7 – Curva de Sobrevivência para BCS com potência de 60 HP e 105 HP.

Fonte: Autor.

Agora serão apresentadas curvas de sobrevivência mantendo o **hp** constante em 90 e variando o fabricante (**fab** = 0 ou 1), com as demais variáveis mantidas no mesmo valor anterior.

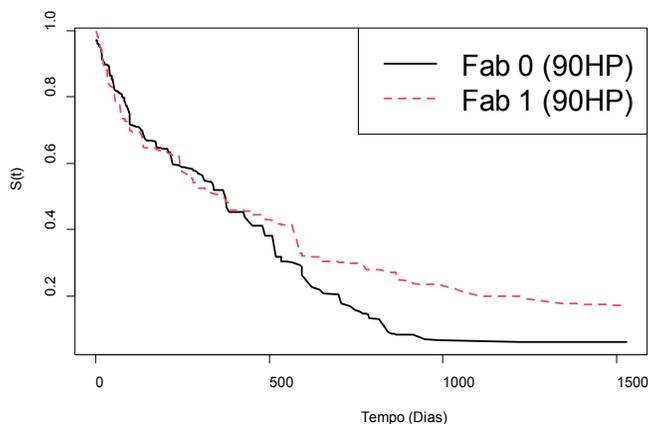


Figura 8 – Curva de Sobrevivência para BCS dos dois fabricantes analisados.

Fonte: Autor.

A Figura 8 mostra as duas curvas de sobrevivência para os dois fabricantes na potência do motor de 90 HP. A partir de 500 dias as duas curvas de sobrevivência se separam com a do fabricante 1 indicando maiores probabilidades de sobrevivência.

Quando estamos lidando com modelos paramétricos podemos avaliar qual seria o melhor modelo através do teste da razão de verossimilhança (BUSE, 1982), a partir de um modelo que englobe todos os demais. As RSF são modelos não paramétricos, portanto é necessário o uso de alguma outra medida para avaliar o modelo e principalmente possibilitar a comparação com alternativas de modelagem. O escore de Brier é uma das medidas usadas na avaliação de modelos de sobrevivência, podendo ser usada na geração de curvas de erro de predição para diferentes tipos de modelos (MOGENSEN; ISHWARAN; GERDS, 2012). Para informações detalhadas do processo de cálculo consultar Mogensen, Ishwaran e Gerds (2012) e Gerds e Schumacher (2006).

A biblioteca do R pec (GERDS, 2020) nos permite obter estas curvas de erro de predição, que no caso foram utilizadas para a RSF, para um modelo semi-paramétrico de Cox (HOSMER; LEMESHOW; MAY, 2008) e um modelo paramétrico de tempo de vida acelerado com base na distribuição de Weibull (HOSMER; LEMESHOW; MAY, 2008), utilizando as mesmas variáveis explicativas e conjunto de dados. Estes dois últimos foram ajustados através da biblioteca do R rms (HARREL, 2021). Na Figura 9 são apresentados os resultados obtidos do escore de Brier ao longo do tempo, quanto menor o valor do escore melhor o modelo, indicando que a RSF apresentou resultados muito próximos do modelo de Cox e do modelo de tempo de vida acelerado de Weibull. A RSF apresentou valores ligeiramente maiores em alguns intervalos de tempo. O modelo de referência é baseado na estimativa de Kaplan-Meier (não paramétrica). Chama a atenção que, apesar de ser um modelo não paramétrico, a RSF apresentou um desempenho muito mais

próximo do modelo paramétrico e semi-paramétrico do que o modelo de referência. Este comportamento está associado a melhor utilização das variáveis explicativas.

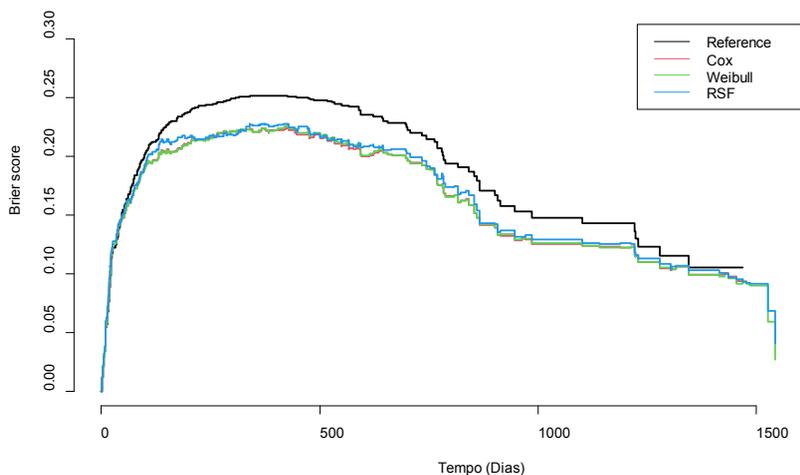


Figura 9 – Curvas de erro de predição para as RSF, modelo de Cox e Weibull.

Fonte: Autor

5 | CONCLUSÕES

Neste estudo avaliou-se a utilização de um modelo de *random survival forests* (RSF) na análise de dados de falhas de bombas centrífugas submersas utilizadas na elevação artificial de petróleo. As RSF são muito usadas na área médica e nas ciências biológicas, com menor presença na área de engenharia. A utilização das RSF tem como principal apelo sua característica não paramétrica que evita suposições teóricas que são comuns em modelos paramétricos (MP) ou semi-paramétricos (MSP), tais como, a suposição de taxas proporcionais. As RSF criam suas árvores com variáveis contínuas ou discretas, como ocorre nos outros modelos.

Nos modelos MP e SMP podemos avaliar a significância estatística das variáveis explicativas, o que não é possível nas RSF. As RSF geram informação sobre a importância das variáveis, que neste artigo, apresentou resultados semelhantes ao obtido em (ACCIOLY, 1995), mas sem o mesmo poder de avaliação (ou seleção) de variáveis.

Para o conjunto de dados analisado o erro de predição da RSF, através do escore de Brier (MOGENSEN; ISHWARAN; GERDS, 2012), não teve desempenho melhor que o modelo de Cox e o modelo de tempo de vida acelerado de Weibull. Cabe-se destacar que este artigo foi uma aplicação inicial das RSF neste conjunto de dados, onde as opções de otimização dos parâmetros das RSF foram limitadas, o que dá margem para novos estudos

e simulações visando aprimorar esta primeira aplicação, ou seja, buscar uma combinação de parâmetros que leve a melhores resultados.

A experiência deste trabalho sugere que as RSF sejam incorporadas ao conjunto de modelos potenciais para análise de dados de falha, de forma a se adicionar na análise uma abordagem não paramétrica que permita a incorporação de variáveis explicativas.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, R. M. S. **Análise da duração do tempo de vida de bombas centrífugas submersas**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1995.

BREIMAN, L. Bagging predictors. **Machine Learning**, v. 24, n. 2, p. 123-140, 1996.

BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J. H.; OLSHEN, R. A.; STONE, C. J. **Classification and regression trees**. Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1984.

BUSE, A. The likelihood Ratio, Wald, and Lagrange Multiplier Tests: An Expository Note. **The American Statistician**, v. 36, p. 153-157, 1982.

CIAMPI, A.; THIFFAULT, J.; NAKACHE, J. P.; ASSELAIN, B. Stratification by stepwise regression, correspondence analysis and recursive partition: a comparison of three methods of analysis for survival data with covariates. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 4, n. 3, p. 185-204, 1986.

GERDS, T. A. *pec*: Prediction error curves for risk prediction models in survival analysis. R package version 2020.11.17, 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=pec>. Acesso em: novembro de 2021.

GERDS, T.A.; SCHUMACHER, M. Consistent estimation of the expected Brier score in general survival models with right-censored event times. **Biometrical Journal**, v. 48, n. 6, p. 1029-1040, 2006.

GORDON, L.; OLSHEN, R. A. Tree-structured survival analysis. **Cancer Treatment Reports**, v. 69, n. 10, p. 1065-1069, 1985.

HARREL, F.E. *rms*: Regression modeling strategies. R package version 6.2.0, 2021. Disponível em: <http://cran.r-project.org/package=rms>. Acesso em: novembro de 2021.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S.; MAY, S. **Applied survival analysis: regression modeling of time-to-event data**. 2. ed. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2008.

HOTHORN, T.; HORNIK, K.; ZEILEIS, A. Unbiased recursive partitioning: a conditional inference framework. **Journal of Computational Graphical Statistics**, v. 15, n. 3, p. 651-74, 2006.

HOTHORN, T.; SEIBOLD, H.; ZEILEIS, A. *partykit*: A toolkit for recursive partitioning. R package version 1.2.15, 2021. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=partykit>. Acesso em: novembro de 2021.

ISHWARAN, H.; KOGALUR, U.B.; BLACKSTONE, E.H.; LAUER, M.S. Random survival forests. **The Annals of Applied Statistics**, v. 2, n. 3, p. 841-860, 2008.

ISHWARAN, H.; KOGALUR, U.B. *randomForestSRC*: Fast unified random forests for survival, regression, and classification. R package version 2.11.0, 2021. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=randomForestSRC>. Acesso em: novembro de 2021.

JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. **An introduction to statistical learning, with applications in R**. [S. l.]: Springer, 2013.

MOGENSEN, U.B.; ISHWARAN, H.; GERDS, T. A. Evaluating random forests for survival analysis using prediction error curves. **Journal of Statistical Software**, v. 50, n. 11, p. 1-23, 2012. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/v50/i11>. Acesso em: novembro de 2021.

WANG, P.; LI, Y.; REDDY, C.K. Machine learning for survival analysis: a survey. **ACM Computing Surveys**, v. 51, n. 6, p. 1-36, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Administração 11, 156, 157, 160, 163, 164, 165, 166, 167

Água 65, 70, 71, 75, 76, 81, 82, 87, 91

Aprendizagem 4, 11, 14, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 121, 132

B

Brasil 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 37, 38, 57, 68, 71, 86, 87, 116, 118, 120, 130, 133, 135, 136, 142, 153, 157, 158, 162, 165, 166

C

Catadores 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142

Centrífugas 88, 90, 91, 99, 100

Ciência 16, 20, 28, 40, 56, 60, 61, 62, 87

Clima organizacional 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Colaboradores 2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 158

Coleta seletiva 132, 133, 134, 135, 136, 138, 141, 142, 143

Conhecimento 29, 35, 37, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 55, 58, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 129, 132, 157, 158, 160, 161, 162, 163

Consultoria 160, 161, 164, 165

Cultura popular 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

E

Educação 1, 8, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 49, 55, 56, 57, 58, 61, 68, 69, 132, 134, 138, 142, 143, 163, 164, 167

Empresas 2, 5, 7, 12, 116, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

Energia 13, 71, 110, 111, 113, 116, 119, 120, 122, 123, 124, 129, 130

Ensino 11, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 28, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 116, 134, 136, 139, 142

Escola 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 23, 28, 30, 31, 33, 36, 38, 45, 46, 47, 49, 52, 55, 56, 68, 167

Estresse 144, 145, 146, 153

F

Fabricação 86, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118

Ferramenta 2, 12, 41, 44, 55, 113, 125

Finanças 155, 157, 164

G

Gestão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 116, 117, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

I

Impressão 3D 105, 116

Inovação 13, 102, 158, 159, 162, 167

Instituição 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 147, 154

L

Liquidez 155, 160, 164

Lixo 133, 134, 136, 138, 141, 143

M

Material reciclado 132, 137, 142

Meio ambiente 133, 134, 140, 141, 142, 143, 146

Mercado 7, 10, 26, 104, 116, 118, 135, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 164

Metal 102, 105, 110, 111, 112, 114, 116, 117, 118

Mulheres 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 150

N

Negócio 30, 36, 157, 159, 160

Nísia Floresta 27, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 39

O

Organização 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 19, 20, 21, 45, 52, 55, 69, 139, 145, 150, 158, 160, 161

P

Paulo Freire 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26

Planejamento 2, 14, 15, 54, 65, 143, 145, 155, 156, 160, 161, 162, 163, 164

Programação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56

Prototipagem 102, 104, 109, 118

Q

Química 58, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 106, 107

R

Random survival forests 88, 89, 99, 101

Recursos humanos 2, 3, 8, 14, 145

Redes neurais 119, 120, 121, 123, 124, 129, 130

Robótica 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56

S

Saúde 20, 22, 142, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154

Semiótica 58, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69

Sensibilização 132, 140, 141

Sensoriamento hídrico 70

Signo 58, 63, 64, 65, 66

Síndrome de Burnout 144, 146, 147, 149, 152, 153, 154

Sistema educacional 16, 20, 31

Solo 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87

Solubilidade 58, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 68

T

Tecnologia 4, 16, 40, 50, 56, 102, 105, 109, 110, 111, 113, 114, 116, 117, 165, 167

Trabalhador 144, 145, 152

U

Umidade 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 123

UTI 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152

V

Valores 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 19, 21, 23, 24, 73, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 92, 94, 97, 98, 134, 148, 154

Y

YOLOv3 119, 124, 129, 130

Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

