

## **Modelo de Aprendizado de Máquina para prever alocação de pacientes com lombalgia crônica para unidades de práticas integradas em um sistema de cuidados de saúde baseados em valor**

Desde a sua criação, em 2012, o Centro de Coluna e Dor, em São Paulo, dedicou-se ao tratamento das doenças da coluna vertebral oferecendo cuidado integral com equipe multidisciplinar. O empenho em medir resultados de saúde em longo prazo para cada paciente foi instituído de forma regular desde 2015. Em 2019, o Centro de Coluna e Dor utilizou as medidas de resultados padronizadas pelo modelo de cuidados de saúde baseados em valor, além dos protocolos habituais. Atualmente, o modelo de atendimento da unidade de prática integrada está direcionado para casos de lombalgia crônica com controle da dor e melhora da qualidade de vida, o que ocasionou aumento linear de encaminhamento de pacientes de várias operadoras de saúde. A filosofia de atendimento centrado nas necessidades do paciente fez com que o Centro de Coluna e Dor fosse considerado como modelo para o atendimento de uma nova proposta-piloto do hospital no último ano: o Modelo Integral.

### **O sistema de saúde brasileiro**

O Brasil representa 47% da América do Sul, com uma população estimada de 190.732.694 em 2010 (IBGE, 2020) e é dividido em cinco regiões geográficas (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul) com diferentes condições demográficas, econômicas, sociais, culturais, de saúde e amplas desigualdades internas. A transição demográfica durante o período de 1970 e 2000 modificou a proporção da população com mais de 60 anos (10% em 2009), que dobrou, e a urbanização aumentou de 55,9% para 80% (IBGE, 2020). Do ponto de vista demográfico, em 2014, cerca de 77% dos brasileiros com mais de 60 anos tinham algum tipo de doença crônica (Garcez-Leme & Leme 2014), alcançando 81% para maiores de 75 anos (Garcez-Leme & Leme 2014), com os diagnósticos mais comuns sendo a hipertensão arterial (50%), seguidos por lombalgia (31,5%) e osteoporose (24,2%) (Garcez-Leme & Leme 2014).

Desde 1988, o Brasil desenvolveu um sistema de saúde dinâmico e complexo, principalmente representado pelo Sistema Único de Saúde (SUS) (Paim et al., 2011), mas também, no início do século 21, proporcionando ao cidadão brasileiro acesso ao sistema de saúde por planos privados de saúde ou por pagamento particular. No entanto, a utilização é assimétrica, com apenas três quartos da população do Brasil contando apenas com o sistema público e os 25% restantes também utilizando serviços de planos privados (Macruz, 2016). Corroborando a inequidade, entre 2000 e 2014, o sistema de saúde privado no Brasil aumentou em 66% o nú-

mero de pessoas matriculadas (Macruz, 2016), ocasião em que o país alcançou a terceira posição mundial em termos de acesso aos planos de saúde (Francis, 2016).

### **Dor crônica**

A dor crônica é um importante problema de saúde pública, muito prevalente (Hoy et al., 2014), algumas vezes lembrado, mas classicamente subestimado (Blyth, 2015). Definida como “dor persistente por três meses ou mais e que interfere nas atividades da vida cotidiana” (Croft, 1992), é mais comumente manifestada entre as afecções músculo-esqueléticas, aumenta com a idade, associa-se à multimorbidade e à redução da atividade física (Blyth, 2019). Com isso, a expectativa de aumento da frequência de doenças não transmissíveis em países em desenvolvimento associada à carga global relacionada à dor também aumentará substancialmente (Blyth, 2019).

### **Lombalgia**

A lombalgia crônica primária é a mais prevalente na população (Hoy et al., 2014) e a principal causa de incapacidade no mundo em termos de anos perdidos por invalidez (GBD 2015, 2016), representando 83 milhões de anos de vida perdidos em 2010, com um dos maiores gastos com saúde entre todas as doenças (Murray et al., 2012). Apesar da sua reconhecida magnitude, a gestão estratégica de cuidados direcionados para a lombalgia é considerada entre as mais ineficientes e incompletas dentre as doenças crônicas (Müller-Schwefe et al., 2017). Com apenas 17% dos países vinculados à OECD, estruturando políticas de saúde para apoiar as recomendações e diretrizes adequadas com foco na dor músculo-esquelética e relacionada à coluna vertebral (Briggs et al., 2019), a consequência econômica negativa é o desperdício, todos os anos, de bilhões de dólares em tratamentos desnecessários (Traeger et al., 2019), superutilização de exames de imagem e de cuidados especializados (Mafi et al., 2013; Koes et al., 2010; Hunter et al., 2012; Kepler et al., 2012).

Além de procedimentos tecnológicos caros, por exemplo, a variação regional nas taxas cirúrgicas pode alcançar seis vezes na cirurgia da coluna vertebral em geral e até 20 vezes para escolha das técnicas de fusão lombar (CECS, 2006), ainda sugerindo potencial subutilização ou superutilização dos procedimentos cirúrgicos em algumas áreas. Existe também uma ampla variação nos custos por caso entre diferentes instituições e até mesmo entre médicos individuais (Epstein et al., 2011).

Essas barreiras, no entanto, apresentam oportunidades para melhorar os processos em todo o sistema de saúde, incluindo a vigilância, o fornecimento de dados mais convincentes tangíveis e precisos para que os tomadores de decisão, em última análise, busquem melhor integração dos cuidados nos sistemas de saúde e assistência social (Araújo de Carvalho et al., 2017).

### *Tratamento da lombalgia*

As recomendações sugerem que as unidades primárias de saúde deverão proporcionar a base para os cuidados iniciais utilizando tratamentos para dor, fisioterapia e outros regimes não-cirúrgicos enquanto se aguarda a melhora espontânea geral (Lee et al, 2013). Se a dor não resolver, apesar dos tratamentos conservadores, o encaminhamento para um médico especialista pode ser indicado com o objetivo de realizar avaliações complementares e potencialmente para indicar exames de imagem ou tratamento cirúrgico, que geralmente é considerado como a última opção (Bhangle et al., 2009). Para esses casos de lombalgia crônica refratária ao tratamento convencional, os programas multidisciplinares que abordam aspectos físicos, psicológicos, emocionais, sociais e ocupacionais são atualmente recomendados com base na grande efetividade dos programas (Airaksinen et al., 2006; Gatchel & Mayer, 2008). Todavia, mesmo com eficientes instrumentos de estratificação para alocação de casos mais complexos de lombalgia, uma queixa frequente continua sendo a falta de centros integrados para tratamento da dor crônica (Saunders et al., 2020).

O objetivo primário da reabilitação para pessoas com lombalgia crônica é garantir que haja melhora da qualidade de vida e que, conseqüentemente, aumentem a taxa de retorno ao trabalho e reduzam o afastamento por doença. A efetividade da reabilitação já foi comprovada em termos de aumentar a percepção de saúde, aumentar a capacidade de trabalho (Busch et al., 2011) e diminuir ansiedade e depressão (Hägglund et al., 2012). Ainda assim, mesmo os pacientes que alcançam centros de excelência em cirurgia de coluna vertebral mantêm taxas de complicações semelhantes e taxas de readmissão comparáveis a outros hospitais não especializados (Mehrotra et al., 2013), o que suscita o questionamento sobre a falta de modelos de gestão que sejam custo-efetivos e modelos de reembolso que encorajam uma abordagem mais holística do atendimento como uma maneira de reduzir os gastos com cuidados de saúde relacionados à coluna vertebral (Kepler et al., 2012; Ugiliweneza et al., 2014; Pugely et al., 2014; Cutler & Ghosh, 2012).

### **Tratamento da lombalgia no Brasil**

Na América Latina, a prevalência da lombalgia é alta e alcança dois terços em populações de alto risco ocupacional (Garcia et al., 2014), com dados basais de prevalência de 18% em uma meta-análise sobre dor crônica em países em desenvolvimento (Sá et al, 2019). No Brasil, houve aumento do número de casos de lombalgia nos últimos anos (Meucci et al., 2013), associados a um aumento de 226% do número e de 540% do custo total das cirurgias realizadas na coluna vertebral nos últimos 20 anos (Teles et al., 2016). Igualmente, foram documentados o alto custo do diagnóstico e tratamento para o sistema de saúde nacional, superando os 70 milhões de dólares em 2016 (Carregaro et al., 2019), liderando as causas de incapacidade registradas no sistema de seguridade social (Meziat Filho & Silva, 2011) e consequente reconhecimento da literatura acadêmica sobre a necessidade alarmante de priorizar a criação de estratégias de prevenção e tratamento adequados em nosso país (Carregaro et al., 2020).

O Brasil tem respondido com a produção de diretrizes nacionais para o diagnóstico e tratamento da lombalgia com respaldo da Associação Médica Brasileira, unindo especialistas das sociedades de reumatologia, ortopedia e traumatologia, neurocirurgia, radiologia, medicina física e reabilitação e de coluna vertebral (Cecin et al., 2008). Apesar da ampla divulgação interna, em termos de destaque internacional, o aumento da produção científica proveniente de grupos de fisioterapeutas brasileiros que realizaram formação complementar no exterior (Ferreira et al., 2019) foi notável e digno de menção pela quantidade e qualidade das publicações em periódicos reconhecidos. No entanto, esta qualidade não se traduziu em associações com capacidade escalonada entre médicos e fisioterapeutas, com raras exceções, porque ainda predominam atendimentos fragmentados, incompletos e não multidisciplinares. A consequência, por outro lado, é o destaque negativo sobre os dados brasileiros relatando o crescimento de procedimentos intervencionistas (Teles et al., 2016), que foi exemplificado na publicação de uma série especial da revista *"The Lancet"*, liderada por um grupo de pesquisadores mundialmente reconhecidos e dedicados ao assunto (Buchbinder et al., 2018). Essa força-tarefa de especialistas fez um alerta mundial para o reconhecimento do aumento do ônus associado ao tratamento da lombalgia em países de alta, média e baixa rendas (Hartvigsen et al., 2018), argumentando que as evidências científicas apontam para a existência de soluções promissoras com capacidade real de melhorar o tratamento da lombalgia por meio de estratégias mais direcionadas, como, por exemplo, pelo redesenho das redes clínicas de cuidado integrado (Foster et al., 2018).

Apesar de tentativas esparsas em coibir as estratégias de diagnóstico e tratamento não respaldadas pelas evidências científicas ou não adaptadas ao uso crítico das evidências atualmente disponíveis, esforços foram direcionados para o artifício da segunda opinião (Vialle,

2015) e também para a criação de programas de tratamentos interdisciplinares e efetivos do ponto de vista financeiro, mas que foram restritos quanto à disponibilidade de tempo para os pacientes, quanto aos recursos disponíveis e ofertados e também que não alcançaram capacidade para continuidade (Viola et al., 2013). De fato, mesmo com grande empenho, pouco se avançou em prevenção quaternária e sobre a compreensão das escolhas cirúrgicas em um país tão vasto como o Brasil (Massenburg et al., 2017).

### **Visão geral do Centro de Coluna e Dor**

O idealizador do programa e coordenador da equipe se interessou pelo tratamento integral da lombalgia crônica ao trabalhar como médico assistente, sob orientação inicial do Prof. Dr. Mario Augusto Taricco e, em seguida, sob a tutoria definitiva do Prof. Dr. Manoel Jacobsen Teixeira, no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP), localizado na cidade de São Paulo, em 2004. Motivado pelos princípios do Prof. Teixeira, que havia concluído sua formação complementar na Inglaterra, na década de 1970, em serviço que prestava cuidados especializados para dor crônica, o autor aprendeu como organizar um departamento com moldes acadêmicos para cuidados interdisciplinares focando em doenças específicas.

Participando como médico assistente efetivo do HC-FMUSP, desde 2009, havia realizado atividades multidisciplinares assistenciais e de pesquisa executando tratamentos para pacientes com tumores complexos da medula espinal, traumatismo cranioencefálico, traumatismo raquimedular e também variados casos de dor relacionados às doenças da coluna vertebral. Com a experiência prática alcançada para exercer atividade de coordenação e maturidade científica suficiente para conduzir um grupo multidisciplinar para dor crônica, escolheu disseminar o modelo utilizado em um hospital universitário da rede pública para o serviço de saúde privado.

Em junho de 2012, o autor procurou a rede de hospitais privados na cidade de São Paulo para implementar a mesma filosofia de cuidados e encontrou uma unidade hospitalar, na região central da cidade, que realizava grande volume de cirurgias da coluna vertebral, mas que não proporcionava a visão integral interdisciplinar para a dor crônica predominantemente associada às doenças espinais. Em dezembro de 2012, como médico do corpo clínico deste hospital privado, buscou a diretoria para propor a criação de um local específico onde conduziria, de forma integral e interdisciplinar, o atendimento de pacientes com dor relacionada à coluna vertebral. A principal justificativa era de encurtar o conhecido itinerário terapêutico descontínuo, desconectado e pouco acolhedor dos cuidados oferecidos para essas afecções muito

prevalentes. O objetivo foi proporcionar um local geográfico e filosoficamente conectado para oferecer cuidados focados nos interesses dos pacientes e que pudesse ser *on-stop* (o paciente encontra tudo que precisa em termos de diagnóstico e tratamento em um mesmo local) e *hub-spoke* (os profissionais atendem os pacientes e imediatamente consultam seus colegas no mesmo local, mesma sala, para associar, em tempo real, opiniões diagnósticas e terapêuticas, além de estratégias de tratamento em acordo com as expectativas dos familiares que acompanham os atendimentos); com isso, foi fundado o Centro de Coluna e Dor.

### *O começo*

Começamos no início de 2013 com dois médicos (um neurocirurgião e um fisiatra) e um fisioterapeuta atendendo no mesmo dia e horário pacientes encaminhados por alguns colegas médicos do corpo clínico do hospital. Inicialmente, fizemos abordagens individuais aos colegas informando sobre nossa proposta de atendimento, especialmente para pacientes em pós-operatório. Houve certa resistência, atribuída à falta de conhecimento dos médicos e “medo” de perder seus pacientes para a nova unidade. Os números de atendimentos ambulatoriais e interconsultas eram bastante esparsos, mas após cerca de três meses do início, a mãe de um médico auditor de uma operadora de saúde foi atendida pelo coordenador do grupo. O neurocirurgião, ao atender, examinar e convocar o médico fisiatra e o fisioterapeuta na sala, discutindo opções e propondo uma estratégia de tratamento e reabilitação programada, alcançaram qualidade, segurança e acolhimento, os quais foram percebidos pela paciente. Ao concluir o acordo de cuidados, com controle da dor e satisfação com a sinergia e acolhimento da equipe direcionados à sua mãe, o médico auditor passou a encaminhar pacientes com as mesmas características clínicas. A partir de então, houve aumento do número de atendimentos de modo lento e linear.

### **Melhoria do processo**

Concomitantemente, as reuniões didáticas iniciais atraíram a atenção de alguns profissionais do hospital, pois eram realizadas no horário de almoço e no auditório de reuniões gerais. Cada chefia de unidade estratégica (enfermagem, psicologia, nutrição e terapia ocupacional) foi consultada pelo neurocirurgião e um profissional de cada área foi designado para prestar auxílio, em tempo parcial e não exclusivo, aos atendimentos do Centro, quando solicitados. A única dedicação exclusiva, solicitada como prioridade, era feita por uma fisioterapeuta treinada em tratamento da dor músculo-esquelética. Uma enfermeira passou a coordenar as solicitações de encaminhamento e a interface com o setor de marketing e de comercial. Reuniões

com a área de tecnologia da informação possibilitaram que as escalas e questionários protocolados pelo Centro fossem disponibilizados na Intranet para que qualquer profissional médico e não-médico pudesse utilizá-los. A primeira divulgação interna para todo o corpo clínico sobre o funcionamento e os dados de atendimento do Centro de Coluna e Dor aconteceu em 12 de maio de 2016. A proposta sempre foi uma abordagem de cuidado integral incluindo explicação aos pacientes e seus familiares sobre as opções diagnósticas e terapêuticas baseadas e adaptadas às evidências científicas mais recentes.

Em 2015, a equipe contava com quatro médicos (um neurocirurgião, um fisiatra, um anesthesiologista e uma ginecologista) especialistas em dor, todos com curso de pós-graduação *lato sensu* em “Tratamento Interdisciplinar da Dor” pela Universidade de São Paulo, além de cinco profissionais de saúde dedicando tempo parcial, sendo: enfermeiro, psicólogo, fisioterapeuta, terapeuta ocupacional e nutricionista. Desde 2017, a equipe conta com cinco neurocirurgiões, dois fisiatras, um psiquiatra, um anesthesiologista, uma ginecologista, além de um enfermeiro, três fisioterapeutas, dois psicólogos, um terapeuta ocupacional, uma nutricionista e um farmacêutico. Ao longo dos anos, também participaram um médico ortopedista e uma reumatologista, por poucos meses, mas que atualmente não compõem o grupo.

As atividades de atendimento ambulatorial eram realizadas no mesmo andar, com salas paralelas e com as especialidades mencionadas acima, em atendimento contínuo durante um período do dia, em um único dia da semana, no início do programa. Com o tempo, havia pelo menos um profissional na unidade fazendo atendimento ambulatorial e atendendo interconsultas hospitalares em horário comercial. O prontuário eletrônico do hospital continha uma opção para a escolha de interconsulta com a seguinte informação “avaliação e acompanhamento pelo centro de coluna e dor”. Ao selecionar essa opção, a equipe de retaguarda era acionada e realizava a interconsulta de pacientes internados. A equipe se reunia fisicamente semanalmente para discussão de casos e a cada 15 dias durante uma hora para realizar atividades didáticas e discutir orientações administrativas (por exemplo, foram realizadas 22 reuniões didáticas em 2019). Atas das reuniões, calendário, conteúdos didáticos e as folhas de frequência foram anotados e documentados no Instituto de Ensino e Pesquisa do hospital, bem como os variados comunicados internos sobre esses eventos e iniciativas. Para a orientação dos pacientes foi confeccionada uma cartilha com orientações gerais e de pós-operatório relacionada à dor e à coluna vertebral. Foram realizadas atualizações de protocolos de atendimento para as áreas de fisioterapia e terapia ocupacional com conteúdo técnico específico, em horários separados, totalizando cinco sessões nos últimos dois anos. Também foram realizados três simpósios em junho e novembro de 2015 e o último em novembro de 2016, para a atualização e divulgação do programa, todos abertos ao público externo. Em 2019, foram realizadas atividades didáticas com aula expositiva buscando associação para pesquisa e desenvolvimento com duas

universidades estrangeiras, a University of Finland (25 Abril 2019), da Finlândia e a Linköping University (27 Julho 2019), da Suécia, em 2019.

Como mencionado anteriormente, o aumento do número de atendimentos do grupo aconteceu de forma linear e lenta ao longo dos anos. A coleta de desfechos relatados pelos pacientes foi iniciada em janeiro de 2015, com três relatórios provenientes de análises transversais durante esse período (em abril e setembro de 2016 e dezembro de 2019). A estratégia de coleta buscou a utilização de escalas e questionários específicos para dor e coluna vertebral; bem como genéricos, para a análise da qualidade de vida. A descrição do Case aqui mencionado se refere à última coleta de dados realizada entre fevereiro e dezembro de 2019, seguindo especificamente a orientação do ICHOM. Para esse objetivo, uma enfermeira foi designada exclusivamente para essa função. Informações referentes aos custos do tratamento foram descritas pela unidade de fisioterapia e, embora tivessem a intenção de alcançar, de forma não deliberada, procuraram seguir o *Time-Driven Activity-Based Costing* (Kaplan & Porter, 2011).

#### *Onde chegou*

Houve conscientização do corpo clínico do hospital sobre a efetividade da atuação da equipe multidisciplinar, que passou a ser acionada mais vezes para interconsultas e também para atendimentos ambulatoriais encaminhados por médicos especialistas da área de ortopedia, reumatologia, cardiologia e de outros neurocirurgiões. Também aumentou o número de auditores, operadoras e gestoras de saúde buscando informações sobre como acessar o programa, relatando bons resultados informados por pacientes, assim como a redução dos custos. A principal indagação das operadoras foi questionar a capacidade de alcançar escala.

#### **Medição universal de desfechos**

Foi realizado um estudo observacional transversal entre fevereiro e dezembro de 2019, no ambulatório multidisciplinar do Centro de Coluna e Dor, em hospital privado da cidade de São Paulo – Brasil. A amostra do estudo foi composta de 240 pacientes encaminhados para o ambulatório multidisciplinar por apresentarem queixas de dor relacionada à coluna vertebral. Os critérios de inclusão foram: encaminhamento médico ou serviço de fisioterapia com queixa de dor lombar, definida como queixa de dor na região posterior do tronco, especificamente localizada entre a última costela e até a prega glútea inferior, podendo ou não estar associada à dor irradiada para os membros inferiores (Airaksinen et al., 2006). Os critérios de exclusão foram idade inferior a 18 anos e capacidade insuficiente de linguagem para responder ou informar seu consentimento na pesquisa.



Foram utilizados linguagem de programação Python e modelo computacional de aprendizado de máquina (Tabela 1) como ferramenta de modelagem de dados estatísticos não lineares. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital, sob o número do Parecer 3.239.039 – CAAE: 10024819.2.0000.5485 (Plataforma Brasil) e todos os participantes do estudo foram esclarecidos previamente sobre a pesquisa com a explicação oral e escrita do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e autorizaram, por escrito, o documento para a participação neste programa.

As variáveis descritivas incluíram idade, sexo, estado civil, país de nascimento, nível educacional e status de trabalho. A informação sobre a categoria de outras doenças foi também coletada, incluindo dor de cabeça, doença pulmonar, doença coronariana, hipertensão, diabetes e uma categoria para doenças especificadas pelos participantes. A coleta de dados foi realizada a partir dos seguintes instrumentos: a) Protocolo de GOTEMBURGO para Avaliação Clínica Básica da Coluna Lombar, utilizado para a coleta de dados sociodemográficos e clínicos dos pacientes (ANEXO 1); b) Inventário Breve de Dor (BPI) (Ferreira, Teixeira et al., 2011) (ANEXO 2); c) Índice Oswestry 2.0 de Incapacidade (ANEXO 3); d) Questionário de Incapacidade de Roland Morris (RMDQ) (ANEXO 4); e) Item Short Form Health Survey (SF-12) (ANEXO 5); f) Questionário para Diagnóstico de Dor Neuropática 4 (DN-4) (ANEXO 6).

A análise estatística considerou valores que foram expressos para variáveis quantitativas contínuas em médias e desvios padrão; e para variáveis categóricas nominais em frequências de porcentagem. Para as variáveis qualitativas nominais e ordinais, utilizou-se o teste de Qui-quadrado. Foi aferida normalidade pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). Quando os dados não apresentaram distribuição normal, utilizaram-se testes não paramétricos para dados pareados: teste de Wilcoxon e, para comparação de grupos distintos, teste de Mann Whitney. Quando os dados apresentaram distribuição normal, foram utilizados testes paramétricos: teste t de Student pareado, quando dados pareados, e teste t de Student para comparação de grupos distintos. Para a comparação de mais de dois grupos, utilizou-se o teste de Friedman para medidas repetidas e teste de Kruskal-Wallis para fatores independentes, com correção *post hoc*.

#### *Aprendizado de máquina*

Prevendo as repercussões possíveis após a estabilização da onda da COVID-19, como dedução *a priori*, baseada em acontecimentos anteriores, como a constatação de que 2.9 milhões de pessoas perderam o seguro médico privado em decorrência da crise econômica de 2014 e, por necessidade, migraram para o SUS, como demonstram os dados coletados entre 2014 e 2016, onde a renda nacional bruta per capita do brasileiro caiu drasticamente de US \$

12.202 para US \$ 8.840 (WB, 2017), e no terceiro trimestre de 2017, as taxas de desemprego e subemprego alcançaram 12,4% e 23,9%, respectivamente (IBGE, 2019), procuramos melhorar nossos recursos de análise para auxiliar a tomada de decisão na alocação de pacientes do Centro de Coluna e Dor. Para aperfeiçoar a seleção de dados disponíveis, nossa proposta foi buscar a expertise de profissionais que trabalhavam com sistemas avançados de ciência da computação e, com base em experiências exitosas anteriores, conseguimos o apoio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP). Nossa proposta foi aprimorar a qualidade de atendimento da unidade de prática integrada pela compreensão mais detalhada da amostra de casos, tendo em vista a grande quantidade de dados coletados em 2019. Encontrando respaldo em publicações anteriores sobre aprendizado de máquina em coluna vertebral, dor e neurocirurgia, identificamos espaço para uso de recurso.

### **Melhoria clínica**

Os pacientes compõem-se de 161 mulheres (67,1%) e 79 homens (32,9%) com média de idade de  $49,9 \pm 14,7$  e não fumantes (79%). A maioria apresentava lombalgia e dor na perna concomitantes (66%). Analisados como dor predominante, 53% deles apresentavam lombalgia e 27%, dor na perna. Mais da metade dos casos apresentavam dor maior que dois anos (52%). Mais que dois terços usavam medicamentos (84% para dor na perna e 90% para lombalgia). Trinta por cento realizaram cirurgia da coluna vertebral antes do atendimento na unidade atual. A maioria dos pacientes com lombalgia apresentava características associadas de dor neuropática (80%), que interferiam na qualidade de vida (relacionamento interpessoal) (64%). Entre os pacientes cirúrgicos, a maioria eram homens (71%) e que ainda se queixavam de lombalgia (64%), mesmo utilizando medicamentos analgésicos (68%). A maioria dos desempregados eram homens (60%), que apresentavam lombalgia (90%), utilizavam analgésicos (64%) e já haviam realizado cirurgia da coluna vertebral (63%). Entre os pacientes com dor na perna, 77% indicaram desejar se livrar da dor lombar associada.

Dos 240 pacientes avaliados, aproximadamente 70% relatam alguma melhora da dor, e desses indivíduos, 35% relataram 50% ou mais de melhora da dor com os procedimentos cirúrgicos, fisioterapia e/ou medicações realizadas até o momento pelo Centro de Coluna e Dor.

Segundo a avaliação da questão 1 do questionário *12-Item Short Form Health Survey (SF-12)*, realizada nos indivíduos desse estudo, aproximadamente 40% da amostra considera sua saúde entre muito boa e excelente, durante o período de atendimento no Centro de Coluna e Dor.

Concluimos que pacientes do sexo masculino, desempregados, que foram submetidos a cirurgia na coluna vertebral, que apresentam predomínio de lombalgia e uso de medicamentos analgésicos, necessitam cuidados mais críticos. Unidades de prática integrada com recursos mais completos deverão disponibilizar alternativas para pacientes com essas características mencionadas acima, com finalidade de prevenção quaternária.

Tabela 1 - Resultados das métricas de performance dos modelos de aprendizado de máquina testados

|                        | Acurácia | <i>Precision</i> | <i>Recall</i> | <i>F1-Score</i> |
|------------------------|----------|------------------|---------------|-----------------|
| Regressão Logística    | 0.780256 | 0.815357         | 0.72619       | 0.732547        |
| Rede Neural            | 0.707317 | 0.827153         | 0.809699      | 0.818333        |
| Random Forest          | 0.778755 | 0.767641         | 0.740476      | 0.735991        |
| Support Vector Machine | 0.785348 | 0.875595         | 0.690476      | 0.721166        |
| XBoost Classifier      | 0.808635 | 0.808065         | 0.804701      | 0.789293        |

### Direções futuras

É bem compreendido que cuidados médicos fragmentados e descoordenados, caracterizados por variações injustificadas na prestação de cuidados, podem levar a resultados clínicos indesejáveis e a custos excessivos. Conhecendo a trajetória das visitas aos centros especializados, os dados sobre o impacto dos eventos nos custos podem ser conhecidos (Olafsson et al., 2018). Estes dados podem ser úteis para gestores predizerem os processos em termos de consumo de recursos e afastamento por doença nos grupos diagnósticos e como as ações sobre o sistema de cuidados dos pacientes podem impactar nessas trajetórias. Nossa intenção foi trazer melhorias potenciais na gestão dos dados de casos de lombalgia buscando identificar associações que poderiam apontar melhora da qualidade de vida e dos resultados para a população de pacientes, com redução nos gastos e incremento de valor aos cuidados oferecidos.

## Resumo

A lombalgia crônica é responsável por grande parte dos custos globais de saúde, necessitando de cuidados especializados por longo tempo. Para os pacientes com esse tipo de dor crônica, a percepção de cuidados centrados em suas necessidades é um ponto consensual de valorização do atendimento, que pode ser alcançado quando as unidades de práticas integradas são alocadas corretamente. Utilizar os recursos estruturais dessas unidades e em tempo adequado passa a ser crucial para a tomada de decisão dos gestores. O desafio é reconhecer a lacuna entre as percepções de valor do paciente ao longo de seus itinerários terapêuticos, mesmo com o uso regular e uniforme das escalas e questionários recomendados pelo Consórcio Internacional para Medidas de Resultados de Saúde, que produzem grande quantidade de dados. Para conseguir maior precisão no processo de estratificação dos pacientes em unidades de práticas integradas. Dito isso, nosso objetivo foi criar um modelo preditivo com base em aprendizado de máquina. Os desfechos primários de interesse foram dor lombar ou dor ciática, tratamento não-cirúrgico ou cirúrgico, afastado do trabalho ou trabalhando.

Os dados foram coletados de 240 pacientes com lombalgia crônica avaliados entre fevereiro a dezembro de 2019, conduzidos em uma unidade de prática integrada composta por profissionais de saúde especializados no tratamento interdisciplinar da dor crônica. Foram utilizados o teste de hipótese de Qui-quadrado e o coeficiente de correlação de Pearson, com grau de significância de 0,5%, com linguagem de programação Phyton e modelo computacional de redes neurais artificiais como ferramenta de modelagem de dados estatísticos não lineares. A proposta foi autorizada pela comissão de ética da instituição. Os resultados apontaram maior número de mulheres (67%), com média de idade de 50 anos e não fumantes (79%). A maioria apresentava lombalgia e dor na perna concomitantes (66%). Analisados como dor predominante, 53% apresentavam lombalgia e 27% dor na perna. Mais da metade dos casos apresentavam dor maior que dois anos (52%). Mais que dois terços usavam medicamentos (84% para dor na perna e 90% para lombalgia). Trinta por cento realizaram cirurgia da coluna vertebral antes do atendimento na unidade atual. A maioria dos pacientes com lombalgia apresentava características associadas de dor neuropática (80%) que interferiam na qualidade de vida (relacionamento interpessoal) (64%). Entre os pacientes cirúrgicos, a maioria eram homens (71%) e que ainda se queixavam de lombalgia (64%), mesmo utilizando medicamentos analgésicos (68%). A maioria dos desempregados eram homens (60%), que apresentavam lombalgia (90%), utilizavam analgésicos (64%) e já haviam realizado cirurgia da coluna vertebral (63%). Entre os pacientes com dor na perna, 77% indicaram desejar se livrar da dor lombar associada. Concluímos que pacientes do sexo masculino, desempregados, que foram submetidos a cirurgia na coluna vertebral, que apresentaram predomínio de lombalgia e uso de medicamentos analgésicos necessitam cuidados mais críticos. Assim, unidades de prática integrada, com recursos mais comple-

tos, deverão disponibilizar alternativas para pacientes com essas características mencionadas acima, com a finalidade de prevenção quaternária.

Palavras-chave: Aprendizado de máquina, Lombalgia crônica, Cuidados de Saúde Baseados em Valor, Unidade de Prática Integrada.

Key-words: Machine Learning, Chronic low back pain, Value-Based Health Care, Integrated Practice Unit,.

#### Referências

1. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klaber-Moffett J, Kovacs F, Mannion AF, Reis S, Staal JB, Ursin H, Zanolli G; COST B13 Working Group on Guidelines for Chronic Low Back Pain. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J* 2006;15(Suppl 2):S192-300.
2. Araújo de Carvalho I, Epping-Jordan J, Pot AM, Kelley E, Toro N, Thiagarajan JA, Beard JR. Organizing integrated health-care services to meet older people's needs. *Bull World Health Organ* 2017;95(11):756-63.
3. Bhangle SD, Sapru S, Panush RS. Back pain made simple: An approach based on principles and evidence. *Cleve Clin J Med* 2009;76(7):393-9.
4. Blyth FM, Briggs AM, Schneider CH, Hoy DG, March LM. The global burden of musculoskeletal pain – where to from here? *Am J Public Health* 2019;109(1):35-40.
5. Blyth FM, Van der Windt DA, Croft PR. Chronic disabling pain: a significant public health problem. *Am J Prev Med* 2015;49(1):98-101.
6. Briggs AM, Persaud JG, Deverell ML, Bunzli S, Tampin B, Sumi Y, Amundsen O, Houlding EM, Cardone A, Hugosdottir T, Rogers S, Pozsgai M, Slater H. Integrated prevention and management of non-communicable diseases, including musculoskeletal health: a systematic policy analysis among OECD countries. *BMJ Glob Health* 2019;45(5):e001806.
7. Busch H, Bonnevier H, Hagberg J. National evaluation of the rehabilitation warranty effects on sick-leave and health. Final report, part 1. Unit of Intervention and Implementation Research, Institute of Environmental Medicine (IMM). Stockholm: Karolinska Institutet; 2011.
8. Buchbinder R, van Tulder M, Öberg B, Costa LM, Woolf A, Schoene M, Croft P, Lancet Low Back Pain Series Working Group. *Lancet* 2018;391(10137):2384-8.
9. Carregaro RL, Silva EN, van Tulder MW. Direct costs of spinal disorders in Brazil. *Int J Public Health* 2019;64(6):965-74.

10. Carregaro RL, Tottoli CR, Rodrigues DS, Bosmans JE, Silva EN, van Tulder M. Low back pain should be considered a health and research priority in Brazil: Lost productivity and healthcare costs between 2012 to 2016. *PLoS One* 2020;15(4):e0230902.
11. Cecin HA, Barros Filho TE, Taricco MA, Ximenes AC, Barbosa MH. Diretrizes lombalgia e lombociatalgias - atualização 2008. *Rev Bras Reumatol* 2008;48(Suppl 1):2-25.
12. Center for the Evaluative Clinical Sciences [Internet]. Lebanon, NH: The Dartmouth Atlas of Healthcare; 2006 [citado em 8 outubro 2016].
13. Croft P, Blyth FM, Van Der Windt D. Chronic pain epidemiology. From aetiology to public health. Oxford: Oxford University Press. 1992.
14. Cutler DM, Ghosh K. The potential for cost savings through bundled episode payments. *N Engl J Med* 2012;366(12):1075-7.
15. Epstein NE, Schwall G, Reilly T, Insinna T, Bahnken A, Hood DC. Surgeon choices, and the choice of surgeons, affect total hospital charges for single-level anterior cervical surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(11):905-9.
16. Ferreira G, Costa LM, Stein A, Hartvigsen J, Buchbinder R, Maher CG. Tackling low back pain in Brazil: a wake-up call. *Braz J Phys Ther* 2019;23(3):189-95.
17. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, Ferreira PH, Fritz JM, Koes BW, Peul W, Turner JA, Maher CG; Lancet Low Back Pain Series Working Group. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet* 2018;391(10137):2368-83.
18. Garcia JB, Hernandez-Castro JJ, Nunez RG, Pazos MA, Aguirre JO, Jreige A, Delgado W, Serpentegui M, Berenguel M, Cantemir C. Prevalence of low back pain in Latin America: a systematic literature review. *Pain Physician* 2014;17(5):379-91.
19. Garcez-Leme LE, Leme MD. Costs of elderly care in Brazil: Challenges and Strategies. *MedicalExpress* 2014;1(1):3-8.
20. Gatchel RJ, Mayer TG. Evidence-informed management of chronic low back pain with functional restoration. *Spine J* 2008;8(1):65-9.
21. GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1999-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016;288(10053):1545-1602.
22. Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, Louw Q, Ferreira ML, Genevay S, Hoy D, Karpinen J, Pransky G, Sieper J, Smeets RJ, Underwood M; Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet* 2018;391(10137):2356-67.

23. Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, Williams G, Smith E, Vos T, Barendregt J, Murray C, Burstein R, Buchbinder R. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis* 2014;73(6): 968-74.
24. Hoy D, March L, Woolf A, Blyth F, Brooks P, Smith E, Vos T, Barendregt J, Blore J, Murray C, Burstein R, Buchbinder R. The global burden of neck pain: Estimates from the Global Burden of Disease 2010 Study. *Ann Rheum Dis* 2014;73(7):1309-15.
25. Hunter G, Schneider J, Pinkard S. Prior authorization and overuse of imaging. *Health Aff (Millwood)* 2012;31(12):2830.
26. Hägglund P, Johansson P, Laun L. The Swedish rehabilitation warranty. *Uppsala, IFAU* 2012;26;2012.
27. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística, Séries estatísticas & séries históricas. Rio de Janeiro: O Instituto. [http://www.ibge.gov.br/series\\_estatisticas/](http://www.ibge.gov.br/series_estatisticas/) (acessado em 20 Outubro de 2020).
28. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). National Continuous Household Sample Survey – PNAD Continuous. <http://www.ibge.gov.br> (acessado em 14 Abril 2019.).
29. Kaplan RS, Porter ME. How to solve the cost crisis in health care. *Harv Bus Rev* 2011;89(9):46-61.
30. Kepler CK, Wilkinson SM, Radcliff KE, Vaccaro AR, Anderson DG, Hilibrand AS, Albert TJ, Rihn JA. Cost-utility analysis in spine care: a systematic review. *Spine J* 2012;12(8):676-90.
31. Koes BW, van Tulder M, Lin CW, Macedo LG, McAuley J, Maher C. An updated overview of clinical guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care. *Eur Spine J* 2010;19(12):2075-94.
32. Lee J, Gupta S, Price C, Baranowski AP: British Pain Society. Low back and radicular pain: a pathway for care developed by the British Pain Society. *Br J Anaesth* 2013;111(1):112-20.
33. Mafi Jn, McCarthy EP, Davis RB, Landon BE. Worsening trends in the management and treatment of back pain. *JAMA Intern Med* 2013;173(17):1573-81.
34. Massenburg BB, Saluja S, Jenny HE, Raykar NP, Ng-Kamstra J, Guilloux AG, Scheffer MC, Meara JG, Alonso N, Shrimel MG, Assessing the Brazilian surgical system with six surgical indicators: a descriptive and modelling study. *BMC Glob Health* 2017;2(2):e000226.
35. Mehrotra A, Sloss EM, Hussey PS, Adams JL, Lovejoy S, SooHoo NF. Evaluation of a center of excellence program for spine surgery. *Med Care* 2013;51(8):748-57.

36. Meucci RD, Fassa AG, Paniz VM, Silva MC, Wegman DH. Increase of chronic low back pain prevalence in a medium-sized city of southern Brazil. *BMC Musculoskelet Disord* 2013;14:155.
37. Meziat Filho N, Silva GA. Disability pension from back pain among social security beneficiaries, Brazil. *Rev Saude Publica* 2011;45(3):494-502.
38. Müller-Schwefe G, Morlion B, Ahlbeck K, Alon E, Coaccioli S, Coluzzi F, Huygen F, Jaksch W, Kalso E, Kocot-Kepska M, Kress HG, Mangas AC, Margarit Ferri C, Mavrocordatos P, Nicolaou A, Hernández CP, Pergolizzi J, Schäfer M, Sichère P. Treatment for chronic low back pain: the focus should change to multimodal management that reflects the underlying pain mechanisms. *Curr Med Res Opin* 2017;33(7):1199-1210.
39. Murray CJ, Vos T, Lozano R, Naghavi M, Flaxman A, Michaud C, Ezzati M, Shibuya K, Salomon JA, Abdall S, et al. Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012;380(9859):2197-223.
40. Olafsson G, Jonsson E, Fritzell P, Hägg O, Borgström F. Cost of low back pain: results from a national register study in Sweden. *Eur Spine J* 2018;27(11):2875-81.
41. Paim J, Travassos C, Almeida C, Bahia L, Macinko J. The Brazilian health system: history, advances, and challenges. *Lancet* 2011;377(9779):1778-97.
42. Pugely AJ, Martin CT, Gao Y, Mendoza-Lattes S. Causes and risk factors for 30-day unplanned readmissions after lumbar spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(9):761-8.
43. Sá KN, Moreira L, Baptista AF, Yeng LT, Teixeira MJ, Galhardoni R, de Andrade DC. Prevalence of chronic pain in developing countries: systematic review and meta-analysis. *Pain Rep* 2019;4(6):e779.
44. Saunders B, Hill JC, Foster NE, Cooper V, Protheroe J, Chudhry A, Chew-Graham C, Bartlam B. Stratified primary care versus non-stratified care for musculoskeletal pain: qualitative findings from the STarT MSK feasibility and pilot cluster randomized controlled trial. *BMC Fam Pract* 2020;21(1):31.
45. Teles AR, Righesso O, Gullo MC, Ghogawala Z, Falavigna A. Perspective of value-based management of spinal disorders in Brazil. *World Neurosurg* 2016;87:346-54.
46. Thiago Macruz, Ruben Couto e Felipe Cruz, "Itaú BBA Healthcare Primer Report", Itaú BBA Bank, 26 de Abril de 2016, acessado em 29 de Outubro de 2020.
47. Tracy Francis, "Perspectives on the Private Hospital Market in Brazil," McKinsey & Company, Abril de 2016, pág. 24, acessado em 29 de Outubro de 2020.
48. Traeger AC, Buchbinder R, Elshaug AG, Croft PR, Maher CG. Care for low back pain: can health systems deliver ? *Bull World Health Organ* 2019;97(6):423-33.



49. Ugiliweneza B, Kong M, Nosova K, Huang KT, Babu R, Lad SP, Boakye M. Spinal surgery: variations in health care costs and implications for episode-based bundled payments. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(15):1235-42.
50. Vialle E. Second opinion in spine surgery: a Brazilian perspective. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2015;25(Suppl 1):S3-6.
51. Viola DC, Lenza M, Almeida SL, Santos OF, Cendoroglo Neto M, Lottenberg CL, Ferretti M. Spine surgery cost reduction at a specialized treatment center. *Einstein (São Paulo)* 2013;11(1):102-7.
52. World Bank. Country Poverty Brief. Brazil, October 2017. [www.worldbank.org/poverty](http://www.worldbank.org/poverty) (acessado em 14 Abril 2019).