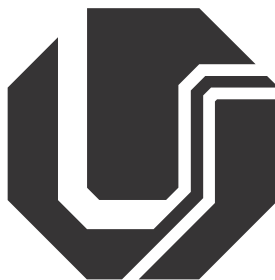


FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA



JULIA SOUSA SANTOS

DESENVOLVIMENTO DE *DASHBOARD* PARA VISUALIZAÇÃO DE
DADOS DE PESSOAS COM DOENÇA DE PARKINSON

UBERLÂNDIA, MG

2023

JULIA SOUSA SANTOS

DESENVOLVIMENTO DE *DASHBOARD* PARA VISUALIZAÇÃO DE
DADOS DE PESSOAS COM DOENÇA DE PARKINSON

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Adriano de Oliveira Andrade

UBERLÂNDIA, MG

2023

Dedico este trabalho à minha família, amigos e a todos que me apoiaram ao longo da minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, principalmente meus pais Maria Abadia e Artur Edward e meu irmão Frederico que sempre estiveram presentes e me apoiaram em todos os momentos.

Aos meus amigos Clara, Sofia, Eduardo, Jeovanna, Ítalo, Luiza e todos os outros que estiveram ao meu lado e me apoiaram ao longo dessa caminhada.

Às minhas amigas e companheiras de intercâmbio, Maria Luiza, Isabella, Laura, Natália, Renata e todos os estudantes brasileiros que estiveram ao meu lado me dando suporte no momento mais precisei.

Aos meus professores pelos ensinamentos que foram essenciais para minha formação. Em especial ao meu professor orientador, Adriano O. Andrade, por todos os ensinamentos durante minha graduação e orientação nos projetos, sendo uma grande inspiração como profissional dedicado e que ama o que faz.

À equipe do Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde (NIATS), que sempre esteve presente e a disposição para me auxiliar sempre que necessário. Especialmente especial à Aline e à Ariana que me ajudaram muito no desenvolvimento desse projeto.

À Associação Parkinson do Triângulo que me permitiu vivenciar com pacientes com a doença de Parkinson através de um projeto de extensão e aprender muito sobre a doença nos meus primeiros anos de graduação, me inspirando e me motivando na área.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo no programa de graduação sanduíche BRAFITEC que me foi concedida e foi uma experiência excepcional que me fez crescer muito pessoalmente e profissionalmente.

Finalmente, à Universidade Federal de Uberlândia (UFU) que me permitiu adquirir grandes conhecimentos e realizar meu sonho de me graduar em Engenharia Biomédica.

RESUMO

A Doença de Parkinson é uma das doenças neurodegenerativas mais frequente em idosos, acometendo mais de 8,5 milhões de pessoas no mundo. Nos últimos tempo essa doença tem se tornado uma das doenças mais incapacitantes e como não possui cura e seus os sintomas são progressivos, os cuidados paliativos, reabilitação e acompanhamento são fundamentais para a melhora da qualidade de vida dos pacientes. Dessa forma, o presente trabalho busca contribuir no acompanhamento da Doença de Parkinson através do desenvolvimento de um Dashboard interativo e de fácil utilização para a visualização de dados. Para isso, foi implementado em linguagem R com apoio da biblioteca shiny para construção da aplicação web. Para análise de requisitos e validação do sistema foi utilizado os dados do Parkinson's Progression Markers Initiative (PPMI) disponibilizados pela Fundação Michael J Fox. Como resultado obteve-se uma interface que cumpriu os objetivos propostos e que tem uma aplicação generalista, podendo assim ser utilizada para outros tipos de dados que estejam no padrão exigido.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; Dashboard para vizualização de dados; Parkinson's Progression Markers Initiative; PPMI

ABSTRACT

Parkinson's disease is one of the most common neurodegenerative diseases in the elderly, affecting more than 8.5 million people worldwide. In recent times, this disease has become one of the most disabling diseases and as this disease has no cure and the symptoms are progressive, palliative care, rehabilitation and monitoring are fundamental to improving patients quality of life. Therefore, this work seeks to contribute to the monitoring of Parkinson's Disease through the development of an interactive and easy-to-use Dashboard for data visualization. To achieve this objective, it was implemented in R language with support from the shiny library to build the web application. For requirements analysis and validation of the system, data from the Parkinson's Progression Markers Initiative (PPMI) available by the Michael J Fox Foundation were used. As a result, a dashboard was developed that met the proposed objectives and has a generalist application, so this dashboard can therefore be used for other data types that are at the required standard.

Keywords: Parkinson's disease; Dashboard for data visualization; Parkinson's Progression Markers Initiative; PPMI

Lista de Figuras

2.1	Sintomas clínicos e evolução temporal da progressão da doença de Parkinson Fonte: (KALIA; LANG, 2015) - gráfico traduzido	6
2.2	<i>Dashbord</i> de monitoramento de paciente com COVID-19 mostrando a medição de temperatura com alertas (SICARI; RIZZARDI; COEN-PORISINI, 2022)	7
3.1	Exemplo de Gráfico visualizado inicialmente: dados do paciente 40553 - variável SP-U x INFODT	10
3.2	Exemplo de Gráfico com a média geral da variável SP-U e média da variável para as coletas do paciente 40553 - variável SP-U x INFODT	12
4.1	Página de instruções do dashboard desenvolvido	13
4.2	Página inicial do dashboard	14
4.3	<i>“Upload complete”</i> mostra o carregamento do arquivo com sucesso para interface	15
4.4	Mensagem de erro ao inserir um arquivo com formato incorreto: “Por favor verifique se o arquivo carregado está no formato CSV e contém as colunas obrigatórias nomeadas PATNO e INFODT”	15
4.5	Funcionalidade de escolha dos IDs e Variavel na barra lateral do dashboard	16
4.6	Aba <i>“Visualization”</i>	16
4.7	Detalhes numéricos do Gráfico	17
4.8	Gráfico com escala de tempo no formato ano-mes-dia	17
4.9	Gráfico do dashboard com as médias gerais da variável por ID selecionadas para visualização	18
4.10	Média e desvio padrão da média geral da variável selecionada	18
4.11	Funcionalidade de escolha de tipo de gráfico	19
4.12	Gráfico em barras	19
4.13	Gráfico de pontos	20
4.14	Gráfico de pontos ligados por linhas	20
4.15	Aba <i>“Data”</i> do dashboard	21
4.16	Aba <i>“Statistics”</i> do dashboard	21
4.17	Aba <i>“Variable description”</i> do dashboard	22
4.18	Erro quando inserido o arquivo de descrição de formato incorreto na aba <i>“Variable description”</i> do dashboard	22

4.19	Gráfico com sobreposição de dados devido a escala de datas de coleta por ano	23
4.20	Gráfico sem sobreposição de dados devido a escala de datas de coleta	24
4.21	Gráfico com dados de data inserido incorretamente	24

Lista de Tabelas

3.1	Extrato retirado do dicionário de variáveis disponibilizado pelo <i>Parkinson's Progression Markers Initiative</i> (PPMI)	9
3.2	Extrato de dados do banco de dados da PPMI	10

Acrônimos e Abreviações

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DP Doença de Parkinson

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDS *Movement Disorder Society*

MDS-UPDRS *Movement Disorder Society-Unified Parkinson's Disease Rating Scale*

NIATS Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde

OMS Organização Mundial da Saúde

PNADC Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua

PPMI *Parkinson's Progression Markers Initiative*

UFU Universidade Federal de Uberlândia

UPDRS *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*

Conteúdo

Acrônimos e Abreviações	iv
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivo	1
1.2.1 Objetivos Específicos	1
1.3 Relevância do trabalho	2
1.4 Estrutura do trabalho	3
2 Fundamentação teórica	4
2.1 Doença de Parkinson	4
2.2 <i>Dashboards</i>	6
3 Metodologia	8
3.1 Análise da base de dados	8
3.2 Visualização dos dados	9
3.3 Análise de requisitos	10
3.4 Análise estatística	12
4 Resultados e discussões	13
5 Considerações finais	25
Referências	26

Introdução

1.1 Motivação

A Doença de Parkinson (DP) é uma desordem neurodegenerativa progressiva crônica caracterizada pela perda profunda e seletiva de neurônios dopaminérgicos da substância negra. Como consequência, essa doença desencadeia principalmente sintomas motores (tremor, bradicinesia, rigidez muscular e dificuldades de equilíbrio) e não-motores (distúrbios neuropsiquiátricos, do sono, autonômicos e sensitivos).

Atualmente, a DP possui diversos tratamentos, sejam eles cirúrgico, farmacológico ou não-farmacológico. Independente do tratamento adotado, a necessidade de acompanhamento periódico desses pacientes é extremamente necessário para percepção da melhora ou regresso da doença e verificação da eficácia do tratamento adotado para cada caso.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um dashboard de visualização de dados de pacientes com DP no tempo, para auxiliar no acompanhamento de pessoas com a DP.

1.2 Objetivo

Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver uma interface de visualização de dados para monitoramento da DP.

1.2.1 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal desse trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Compreender e estudar os requisitos necessário para o desenvolvimento de uma interface de visualização de dados de pacientes com DP;
- Desenvolver uma interface simples e de fácil utilização para visualizar os dados;

- Possibilitar o monitoramento da doença e de seus sintomas no tempo;
- Possibilitar a comparação de dados de diferentes pacientes;
- Utilizar parâmetros estatísticos das variáveis presente em um banco de dados para análise dos dados de pacientes;

1.3 Relevância do trabalho

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 8,5 milhões de pessoas vivem com a DP e a prevalência da doença dobrou nos últimos 25 anos (WHO, 2023). A DP é uma das doenças neurodegenerativa mais frequente em idosos, ficando atrás somente para o Alzheimer (DAUER; PRZEDBORSKI, 2003; PRZEDBORSKI, 2017; WERNECK, 2010), e acomete entre 1 e 3% da população mundial com mais de 60 anos.

No Brasil, não existem números oficiais confiáveis para a DP, mas um estudo realizado em Minas Gerais identificou a prevalência de 3,3% entre brasileiros acima de 65 anos (BARBOSA; CAMELLI; MAIA; CUNNINGHAM; GUERRA; COSTA; CARDOSO, 2006). Utilizando os dados populacionais atuais, no qual consta mais de 22 milhões de brasileiros com mais de 65 anos (IBGE, 2022b), estima-se mais de 726 mil idosos com a DP no país.

Além disso, de acordo com os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 10 anos, a população brasileira com 60 anos ou mais aumentou de 11,3% para 15,1% da população, mostrando uma enorme tendência de envelhecimento. (IBGE, 2022a). Desta forma, com o envelhecimento da população e o aumento da expectativa de vida, o número de pessoas com a DP tende aumentar cada vez mais no futuro.

Os dados da OMS mostram que a incapacidade e a morte devido à DP estão aumentando mais rapidamente do que para qualquer outro distúrbio neurológico no mundo (COLLABORATORS, 2019). Assim, como a DP não possui cura e seus os sintomas são progressivos, os cuidados paliativos, reabilitação e acompanhamento são fundamentais para a melhora da qualidade de vida dos pacientes e evitar a incapacidade ao longo do tempo (WHO, 2022).

Nesse mesmo contexto da DP, o acompanhamento de qualquer outra doença é fundamental para compreensão dos sintomas e análise da eficácia dos tratamentos adotados. Desta forma, o sistema genérico de visualização de dados desenvolvido nesse trabalho busca possibilitar esse acompanhamento com fácil utilização e permitir com que diferentes usuários compreenda os dados. Além disso, busca possibilitar uma análise de dados mais clara e rápida para os profissionais da área.

1.4 Estrutura do trabalho

Esse trabalho é dividido nos seguintes capítulos: introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussões e considerações finais. O volume da monografia é de 40 páginas, nas quais são apresentadas: 25 figuras e 2 tabelas.

Fundamentação teórica

2.1 Doença de Parkinson

A DP é uma doença neurodegenerativa progressiva (GUPTA, 2016) cujo principal fator de risco é o envelhecimento (BLOEM; OKUN; KLEIN, 2021). A causa ainda é desconhecida, mas estudos evidenciam que pode haver contribuições de fatores genéticos e ambientais combinados para suscetibilidade da doença (ALTMANN, 2018; KALIA; LANG, 2015).

Os sintomas desencadeados pela DP consistem em sintomas motores e não motores com alta taxa de variabilidade na progressão entre pacientes (REICH; SAVITT, 2018). Dentre os sintomas motores, pode-se manifestar a bradicinesia, acinesia, redução da amplitude dos movimentos e velocidade de ações repetitivas, rigidez dos membros, instabilidade postural, tremores, distúrbios motores orais e distonia (MORENO; MILLÁN; HENAO, 2015; SVEINBJORNSDOTTIR, 2016; KALIA; LANG, 2015).

Os sintomas não motores da DP também podem ser incapacitantes e significativos e muitas vezes se manifestam antes dos sintomas motores (SVEINBJORNSDOTTIR, 2016; KALIA; LANG, 2015), (KALIA; LANG, 2015), o que frequentemente conduz os pacientes para outros diagnósticos e atrasa o diagnóstico específico da DP (O’SULLIVAN; WILLIAMS; GALLAGHER; MASSEY; MORIYAMA; LEES, 2008). Essas manifestações não motoras envolvem sintomas neuropsiquiátricos e autonômicos, depressão, ansiedade, apatia, dificuldades cognitivas, alucinações, demência, distúrbios de sono e vigília, dor e outros distúrbios sensoriais (PFEIFFER, 2015; SHULMAN, 2010; REICH; SAVITT, 2018).

O diagnóstico da DP é feito por meio do quadro clínico característico, uma vez que ainda não existem marcadores biológicos, exames de imagens ou testes laboratoriais que confirme irrefutavelmente a doença (RAMOS; NEVES; LIMA; ORSINI; MACHADO; VALE BASTOS; SANTOS, 2014; MOREIRA; MARTINS; NERI; ARAÚJO, 2007). Na avaliação clínica são levados em consideração os sintomas motores e não motores, o histórico familiar do paciente e na exclusão de outras causas de parkinsonismo (bradicinesia

com rigidez ou tremor de repouso).

A confirmação clínica leva em conta a presença do parkinsonismo acompanhado por critérios de suporte: tremores de repouso, resposta satisfatória do quadro clínico com o uso de dopaminérgicos, perda simpática cardíaca ou olfatória e presença de discinesias desencadeadas por levodopa. (ARMSTRONG; OKUN, 2020). Porém, a avaliação clínica pode ser complexa e demorada, podendo ser afetada pelo nível de habilidade do examinador, cooperação do paciente e inclinações pessoais (LUIZ; MARQUES; FOLADOR; ANDRADE, 2021).

Desta forma, um monitoramento preciso e contínuo da progressão dos sintomas e do efeito do tratamento é importante para definir um tratamento mais adequado e eficaz. Assim, uma avaliação mais objetiva da doença pode ser alcançada usando escalas de avaliação semiquantitativas, como por exemplo a *Movement Disorder Society-Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (MDS-UPDRS) (GOETZ; FAHN; MARTINEZ-MARTIN; POEWE; SAMPAIO; STEBBINS; STERN; TILLEY; DODEL; DUBOIS; HOLLOWAY; JANKOVIC; KULISEVSKY; LANG; LEES; LEURGANS; LEWITT; NYENHUIS; OLANOW; RASCOL; SCHRAG; TERESI; HILTEN; LAPELLE, 2008). Portanto, para evitar as limitações dessa escala e aumentar a confiabilidade, faz-se necessário uma amostra de dados com amostra suficientemente grande e duração do ensaio clínico alto (KIEBURTZ, 2006)

A *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS), foi elaborada em 1987, e se tornou a classificação clínica mais utilizada no acompanhamento da progressão da DP e a eficácia dos tratamentos. A versão mais recente é a MDS-UPDRS, revisada pelo Conselho Executivo Internacional da *Movement Disorder Society* (MDS) (GOETZ; FAHN; MARTINEZ-MARTIN; POEWE; SAMPAIO; STEBBINS; STERN; TILLEY; DODEL; DUBOIS; HOLLOWAY; JANKOVIC; KULISEVSKY; LANG; LEES; LEURGANS; LEWITT; NYENHUIS; OLANOW; RASCOL; SCHRAG; TERESI; HILTEN; LAPELLE, 2008).

De acordo com a revisão de (KALIA; LANG, 2015), o diagnóstico da doença de Parkinson ocorre normalmente com o início dos sintomas motores, mas pode contar com fase pré-motora ou prodrômica de 20 anos. As características não motoras desenvolvem-se após o diagnóstico e com a progressão da doença podendo causar incapacidade clinicamente significativa. ((KALIA; LANG, 2015), Figura 2.1).

O estágio avançado da doença é caracterizado pela instabilidade postural com quedas frequentes e congelamento da marcha. Além disso, com o tratamento dopaminérgico, muito comum, podem surgir os efeitos colaterais que contribuem para incapacidade ao longo prazo que inclui flutuações, discinesia e psicose ((KALIA; LANG, 2015), Figura 2.1).

A DP não tem cura e a progressão dos sintomas e complicações podem afetar a qualidade de vida dos pacientes com altas taxas de incapacidade e necessidade de cuidados (SHULMAN, 2010). Portanto, existem terapias com medicamentos, cirurgias e reabilita-

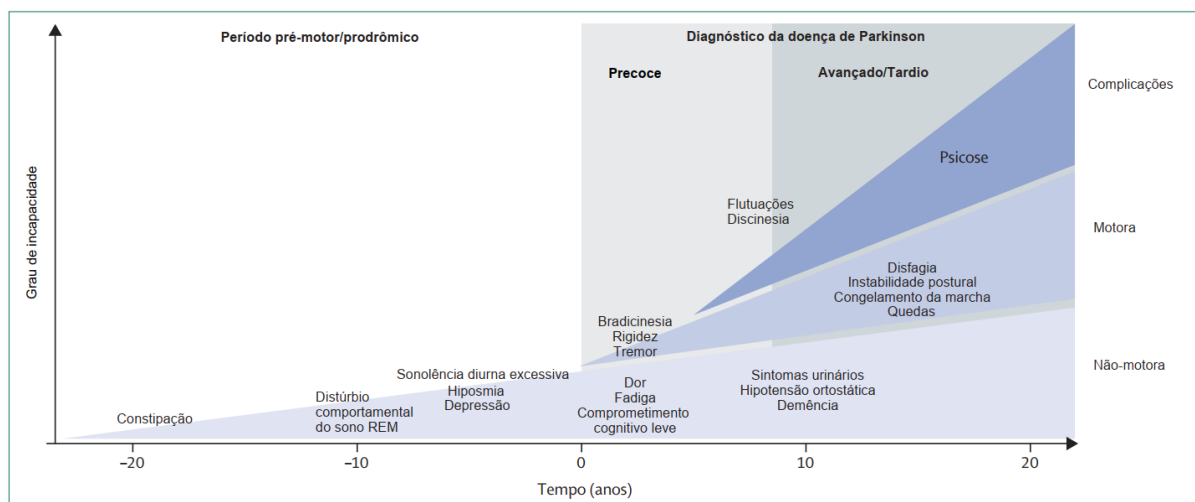


Figura 2.1 – Sintomas clínicos e evolução temporal da progressão da doença de Parkinson
 Fonte: (KALIA; LANG, 2015) - gráfico traduzido

ção que são fundamentais e contribuem para reduzir os impactos da doença na vida dos pacientes (WHO, 2022).

2.2 Dashboards

Dashboards são ferramentas de gestão visual desenvolvidos inicialmente nos setores de negócios para resumir e integrar as principais informações de desempenho de uma organização em uma exibição visual como forma de informar a tomada de decisões operacionais (PAUWELS; AMBLER; CLARK; LAPOINTE; REIBSTEIN; SKIERA; WIERENGA; WIESEL, 2009). Com o tempo os *dashboards* foram expandindo para outras áreas, porém com objetivos similares de mostrar informações importante visualmente e auxiliar na análise dos dados.

Um dashboard clínico é projetado para fornecer aos médicos as informações relevantes e oportunas de que precisam para tomar decisões diárias que melhorem a qualidade do atendimento ao paciente. Isso permite fácil acesso a múltiplas fontes de dados capturados localmente, em um formato visual, conciso e utilizável (DALEY; RICHARDSON; JAMES; CHAMBERS; CORBETT, 2013).

Uma revisão de dashboard clínicos realizada por (DOWDING; RANDELL; GARDNER; FITZPATRICK; DYKES; FAVELA; HAMER; WHITEWOOD-MOORES; HARDIKER; BORYCKI; CURRIE, 2015), concluiu que mesmo que sejam necessários estudos mais aprofundados, existem evidências que mostram que a implementação de dashboard clínicos de acesso imediato à informação para os médicos contribui com a qualidade e com os resultados dos pacientes. (DOWDING; RANDELL; GARDNER; FITZPATRICK; DYKES; FAVELA; HAMER; WHITEWOOD-MOORES; HARDIKER; BORYCKI; CURRIE, 2015). Nesse mesmo contexto, os *dashboards* na área da saúde e ligados diretamente

aos dados do paciente vem sendo desenvolvidos e sendo aplicados no acompanhamento de doenças como por exemplo diabetes (LYONS; SONABEND; SCHWARTZ; TIMMONS; DESALVO, 2023) e para monitorar remotamente paciente através de telemedicina, como no exemplo abaixo (SICARI; RIZZARDI; COEN-PORISINI, 2022).

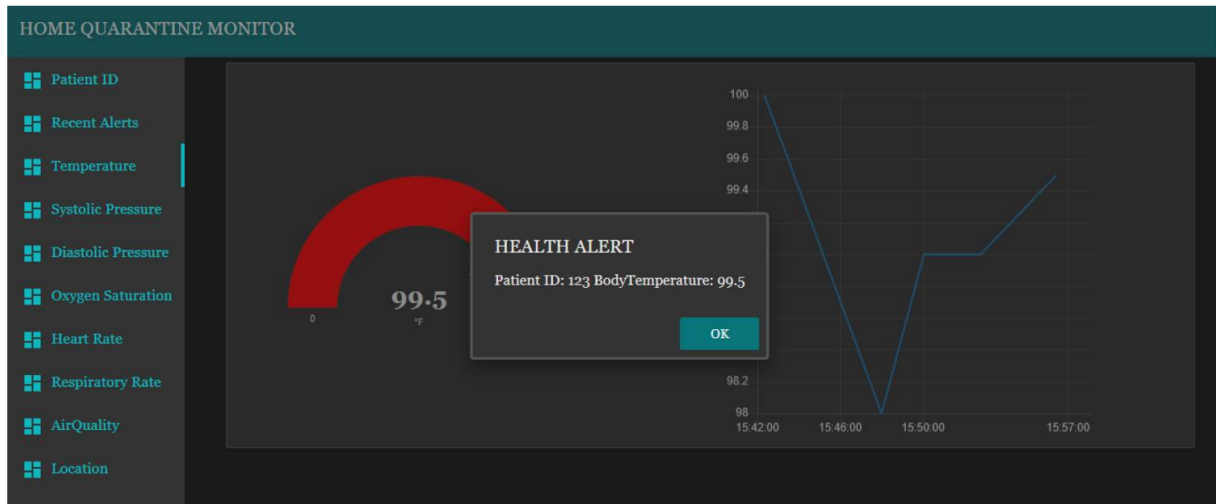


Figura 2.2 – *Dashbord* de monitoramento de paciente com COVID-19 mostrando a medição de temperatura com alertas (SICARI; RIZZARDI; COEN-PORISINI, 2022)

O *dashboard* mostrado na Figura 2.2, por exemplo, foi desenvolvido com o objetivo de monitorar pacientes com COVID-19 no contexto de pandemia. A página mostra informações relevantes para o monitoramento da doença, com o ID do paciente e alertas referentes à temperatura do paciente com visualização gráfica.

Desta forma, a aplicação dos *dashboard* é extremamente abrangente, podendo contribuir principalmente para visualização de dados importantes. Portanto é necessário a análise requintada das necessidades para atender os objetivos traçados para o desenvolvimento de um *dashboard* útil, facilitador e prático.

Metodologia

3.1 Análise da base de dados

A base de dados utilizada no projeto foi disponibilizada pela *Parkinson's Progression Markers Initiative* (PPMI), com dados e documentos todos em inglês. O acesso à essa base de dados foi solicitado para PPMI juntamente com a apresentação da proposta do projeto, que em pouco tempo foi aceito e liberado para utilização (PPMI,2023).

O PPMI foi desenvolvido em 2010 pela Fundação Michael J. Fox e um grupo de cientistas acadêmicos e parceiros em busca de marcadores biológicos necessários do início e da progressão do Parkinson. O PPMI é um estudo de referência que conta com colaboradores, parceiros e voluntários do mundo todo para criar um conjunto robusto de dados de acesso aberto e uma biblioteca de amostras biológicas para acelerar avanços científicos e novos tratamentos para a DP (PPMI,2023).

Atualmente, a PPMI continua a sua missão através da coleta de dados clínicos, imagens cerebrais, amostras biológicas e informações genéticas dos participantes ao longo do tempo para ajudar a identificar esses biomarcadores que possam ser usados para monitorar a progressão da doença e avaliar a eficácia de novos tratamentos. O estudo multicêntrico envolve mais de 30 centros em todo o mundo e inclui mais de 1.400 participantes, com e sem DP (PPMI,2023).

Inicialmente, foi realizada uma análise dos dados que compõem o repositório da PPMI. Assim, o banco de dados foi estudado, identificado e compreendido através dos guias e dicionários de termos disponibilizados. O banco de dado é composto por 3 tipos principais de dados, como apresentado abaixo.

- **PPMI Clinical:** Dados que foram capturados por avaliações clínicas presenciais, abrangendo pessoas com diagnóstico confirmado de DP, pessoas que apresentam fatores de risco de DP, mas ainda não foram diagnosticados com DP e controles saudáveis. Inclui dados estáticos sobre os participantes, histórico de avaliação clínica usando o questionário MDS-UPDRS, várias avaliações não motoras, análise

de bioespécimes, resultados de testes genéticos, exames de ressonância magnética, análise DaTscan, histórico médico e etc.

- **PPMI Remote:** Dados que foram capturados por avaliação remota. O foco está na coleta de dados sobre a fase pré-diagnóstica da DP. PPMI Remote coleta dados sobre sintomas olfativos e, em alguns casos, testes genéticos, com a intenção de que isso os dados possam ser usados para identificar indicadores precoces de DP.
- **PPMI Online:** O PPMI Online contém dados que foram autorrelatados pelos participantes e capturados on-line por meio de um aplicativo da web. Os dados incluem um subconjunto dos dados capturados no PPMI Clínico. PPMI Online contém dados de pessoas com diagnóstico confirmado de DP e de pessoas sem diagnóstico confirmado de DP.

Para o desenvolvimento do dashboard proposto nesse projeto focou-se em todos os dados coletados de avaliações motora por meio de questionários MDS-UPDRS (GOETZ; FAHN; MARTINEZ-MARTIN; POEWE; SAMPAIO; STEBBINS; STERN; TILLEY; DODEL; DUBOIS; HOLLOWAY; JANKOVIC; KULISEVSKY; LANG; LEES; LEURGANS; LEWITT; NYENHUIS; OLANOW; RASCOL; SCHRAG; TERESI; HILTEN; LAPELLE, 2008), coletas que envolvem protocolos de movimentos, marcha, rotação de braço, entre outros. Também se utilizou os dados de avaliações não motora através de coletas em testes de cognição, neurocomportamental, neuropsicológico, olfativo e de distúrbio do sono.

Além disso, todas as tabelas de dados disponibilizadas pelo banco de dados possuem variáveis com nomes descritos por um documento dicionário, também disponibilizado em formato CSV pelo PPMI. Esse documento foi fundamental para compreender as variáveis e seu significado. A tabela 3.1 abaixo é um extrato de algumas variáveis retiradas do dicionário.

MOD-NAME	ITM-NAME	DSCR
GAIT	COHORT	Cohort (1-asymptomatic, 2-true control, 3-PD)
GAIT	INFODT	Assessment Date
GAIT	LA-AMP-U	Left arm amplitude base walking (deg)
GAIT	PATNO	Patient ID
GAIT	RA-AMP-U	Right arm amplitude base walking (deg)
GAIT	SP-U	Speed base walking (m/sec)

Tabela 3.1 – Extrato retirado do dicionário de variáveis disponibilizado pelo PPMI

3.2 Visualização dos dados

Inicialmente para a compreensão dos dados, utilizou-se os dados de avaliação motora que envolve avaliação de marcha e balanço de braço. Os dados são disponibilizados pela

PPMI como uma série de tabelas relacionais que quando baixados estão na forma de arquivos de variáveis separadas por vírgula (CSV).

O exemplo abaixo é um extrato da tabela de dados que foi utilizada para compreensão inicial dos dados (Tabela 3.2). Percebeu-se o padrão seguido pelos dados disponibilizados, nos quais todas as tabelas possuem os dados divididos por um código identificador de cada participante (PATNO), data da coleta (INFODT), subgrupo do participante (COHORT) e outras variáveis que variam de acordo com a tabela baixada (por exemplo no caso abaixo SP-U, RA-AMP-U e LA-AMP-U).

PATNO	INFODT	COHORT	SP-U	RA-AMP-U	LA-AMP-U
42443	11/2018	1	1,445	42,7872	31,4059
42443	11/2017	1	1,211	41,7444	42,1942
42438	10/2018	3	1,131	30,3578	42,7884
42426	12/2018	1	1,395	47,2949	34,6109
42426	11/2016	1	0,982	51,5162	30,9898

Tabela 3.2 – Extrato de dados do banco de dados da PPMI

Diante o estudo da base de dados, para visualizar graficamente o comportamento dos dados inicialmente, utilizou-se R-Studio (RStudioTeam2023) e a linguagem R de programação (RCoreTeam2023). Assim, os dados foram plotados utilizando um ID de paciente fixo (40553) e uma variável fixa (velocidade de marcha em 10m - SP-U) com relação as informações de data de coleta (INFODT), como mostrado na Figura 3.1.

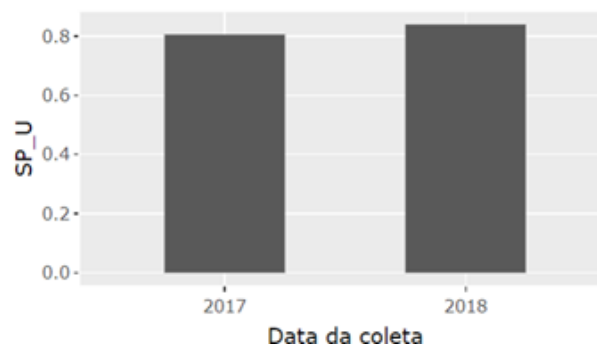


Figura 3.1 – Exemplo de Gráfico visualizado inicialmente: dados do paciente 40553 - variável SP-U x INFODT

Além disso, como ferramenta para desenvolver o dashboard, utilizou-se a biblioteca Shiny (Chang2023) que possui funções que permitem a construção de aplicativos web interativos (apps) diretamente do R.

3.3 Análise de requisitos

Foi realizado o levantamento de requisitos do dashboard através do entendimento da DP, seus sintomas, tratamentos e principalmente os formatos dos dados disponibilizados

pelo PPMI. Por se tratar de uma condição progressiva, o tratamento e os ajustes de medicação precisam ser frequentes e acompanhados no tempo através de coletas de dados periódicas, assim o requisito principal é facilitar e dinamizar a visualização desses dados no tempo de forma a contribuir para análise.

Neste contexto, o dashboard desenvolvido tem como requisito acessar os dados na forma de arquivos de variáveis separadas por vírgula (CSV), como disponibilizados pelo banco de dados. Além disso, deve conter o padrão obrigatório com as variáveis do código identificador de cada participante (PATNO), data da coleta (INFODT) e outras variáveis livres.

Outro requisito estabelecido para o dashboard foi conter filtros de seleção para melhorar a visualização dos dados. Esses filtros devem ser por seleção de usuários através da variável nomeada PATNO e de variáveis através do nome das variáveis livres contidas no arquivo inserido.

Além disso, visualização de dados deve ser possibilitada através de tabelas e gráficos, selecionados de acordo com a preferência do usuário. A interface deve calcular a média e desvio padrão de acordo com os filtros de seleções de paciente e variáveis.

Assim, tem-se como resumo dos requisitos estabelecidos para Dashboard desenvolvido:

- Facilitar e dinamizar a visualização desses dados no tempo de forma a contribuir para análise;
- Arquivo de dados inseridos ter formato CSV;
- Arquivo de dados inseridos conter as variáveis obrigatórias nomeadas PATNO e INFODT;
- Selecionar os dados de participantes específicos através de um filtro da variável PATNO;
- Selecionar a variável desejada para visualização;
- Apresentar uma tabela com todas as variáveis do arquivo inserido;
- Apresentar uma tabela resumo com os dados de média e desvio padrão das variáveis selecionadas;
- Apresentar visualização gráfica dos dados;
- Possibilitar a escolha do tipo de gráfico a ser visualizado (barra, pontos ou pontos ligados por linhas);
- Possibilitar, se desejado pelo usuário, inserir um arquivo dicionário que mostre a descrição da variável selecionada.

3.4 Análise estatística

Uma função de cálculo de média e o desvio padrão foi implementada para avaliar os dados coletados dos pacientes individualmente e com relação aos dados gerais. Com isso, através das diferentes coletas das variáveis disponibilizadas pela base de dados do PPMI é possível verificar se as variáveis coletadas estão evoluindo ou decrescendo no tempo e consequentemente identificar e consequentemente acompanhar a doença.

Além disso, é possível verifica se para um paciente selecionado, os dados estão abaixo da média geral ou acima. No exemplo abaixo (Figura 3.2), no qual foi utilizado a variável de velocidade de marcha em 10 metros (SP-U), o paciente (40553) tem a média dessa variável calculada através de duas coletas (0,823 m/s) abaixo da média geral de todos os participantes da base da dados (1,157 m/s). Esse tipo de informação auxilia o profissional da área analisar os dados.

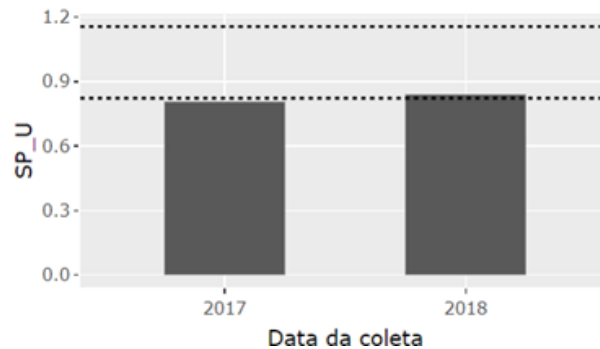


Figura 3.2 – Exemplo de Gráfico com a média geral da variável SP-U e média da variável para as coletas do paciente 40553 - variável SP-U x INFODT

Em seguida, implementou-se no dashboard essas funções e visualizações estatísticas de forma interativa e de acordo com a preferência do usuário. Esses dados foram implementados através de uma tabela resumo e na visualização gráfica, especificados no capítulo 4.

Resultados e discussões

Após o estudo da base de dados e estabelecimento dos requisitos do dashboard, implementou-se a interface, com as funcionalidades descritas a seguir. A interface foi totalmente construída em inglês para ter uma utilização de maior abrangência.

Como mostrado na imagem abaixo, na página inicial da interface tem uma barra lateral com as abas “Dashboard”, “Help” e “About us”. Caso o usuário tenha dúvidas de utilização, na aba “Help” está descrito as instruções de utilização em passo a passo (Figura 4.1).

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://127.0.0.1:5520`. The page title is "Parkinson's Follow Up". The sidebar on the left has a dark blue background with white text for the navigation menu. The main content area has a light blue background and contains the heading "How to use?" and "Instructions".

Instructions

1 - To start using the dashboard, select the “Dashboard” tab in the sidebar and choose the .csv file that contains the data. The file must be a standardized table that contain columns named “PATNO” (ID number) and “INFODT” (collection date). Furthermore, the file can contain unlimited other variables, as in the example below. If a file without the required columns is inserted, the interface indicates an error.

PATNO	INFODT	COHORT	SP_U	RA_AMP_U	LA_AMP_U
42443	11/2018	1	1,445	42,7872892	31,40597795
42443	11/2017	1	1,211	41,74443228	42,19429922
42438	10/2018	3	1,131	30,35780527	42,78847715
42426	12/2018	1	1,395	47,29496547	34,61091803
42426	11/2016	1	0,982	51,51623131	30,98986957

2 - After inserting the standard data, select the IDs for which you want to view the data in the sidebar and choose the variable you want to analyze. These

Figura 4.1 – Página de instruções do dashboard desenvolvido

A página inicial da interface (Figura 4.2) é diretamente aberta na aba “Dashboard”

e somente permite a seleção de um arquivo (.CSV) na barra lateral para que comece as próximas interações.

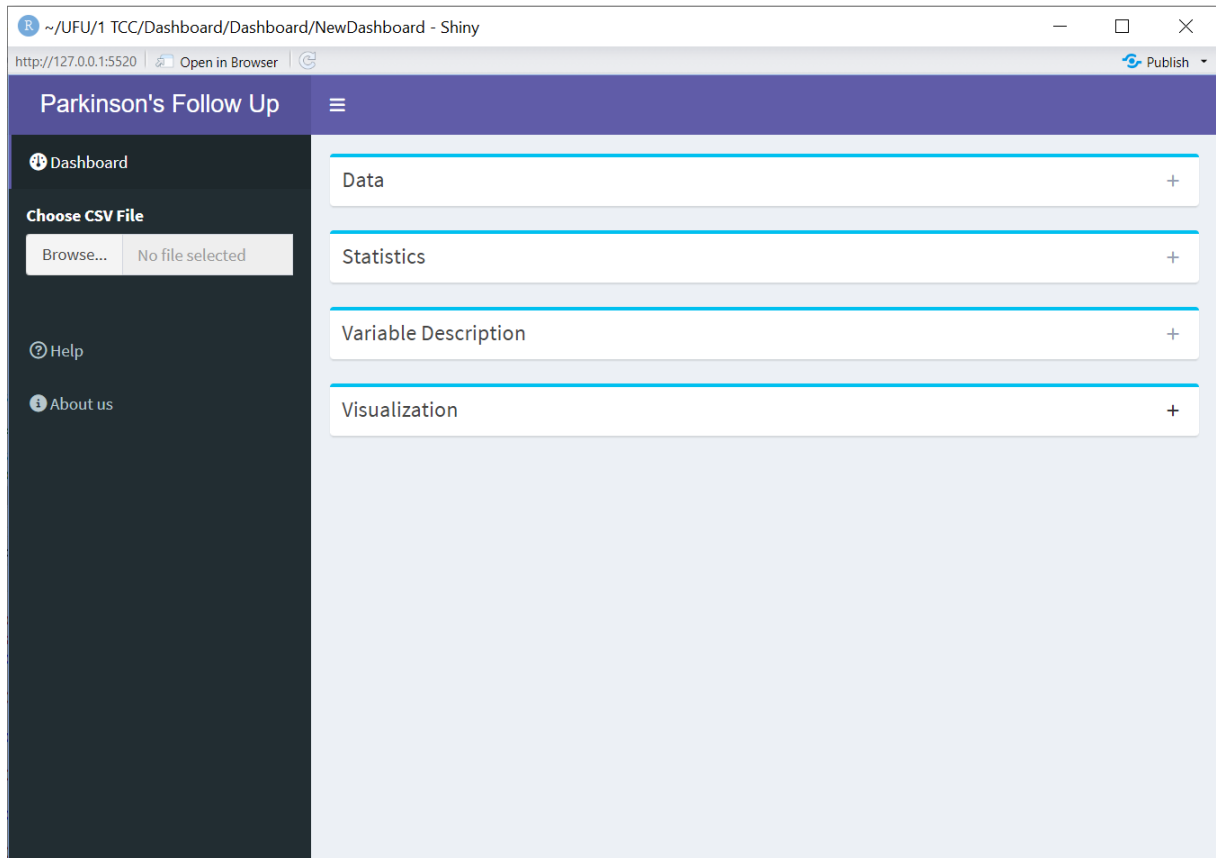


Figura 4.2 – Página inicial do dashboard

Inicialmente, a interface só começará a mostrar os dados após inserir o arquivo e ele ser carregado corretamente. Após o carregamento completo e adequado do arquivo para a interface, é exibido em azul, abaixo do campo de inserir o arquivo, a mensagem “*upload complete*” (Figura 4.3). Para isso, é necessário que esse arquivo esteja no formato .CSV e contenha as variáveis PATNO e INFODT como mostrado na tabela 3.2 do Capítulo 3.

Caso a tabela de dados não esteja no formato correto ou mesmo não contenha as variáveis padrões, a mensagem da Figura 4.4 é mostrada para instruir o usuário.

Caso a tabela seja coerente com os padrões necessários, após ela ser carregada, o gráfico é exibido instantaneamente, assim o usuário consegue interagir para visualizar os dados de acordo com sua preferência. O usuário deve escolher os IDs dos pacientes que deseja visualizar os dados na barra lateral (Figura 4.5), sendo possível selecionar um ou quantos IDs desejado. Além disso, o usuário deve selecionar uma única variável que deseja analisar por vez que esteja presente na tabela de dados inserida e é enviada para o filtro da barra lateral “*Variable*”.

Quando o usuário seleciona os IDs e a variável desejada na barra lateral, a aba do corpo do Dashboard “*Visualization*” plota o gráfico com os dados filtrados para os IDs e

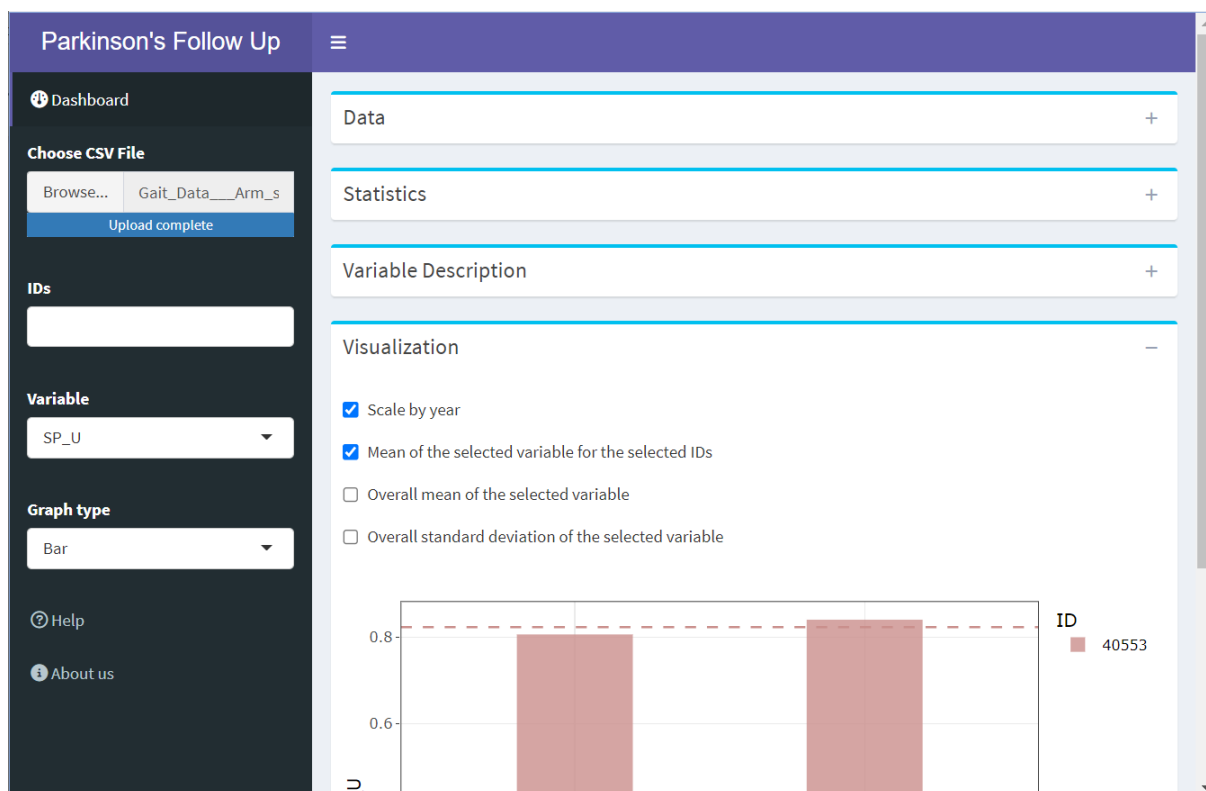


Figura 4.3 – “Upload complete” mostra o carregamento do arquivo com sucesso para interface

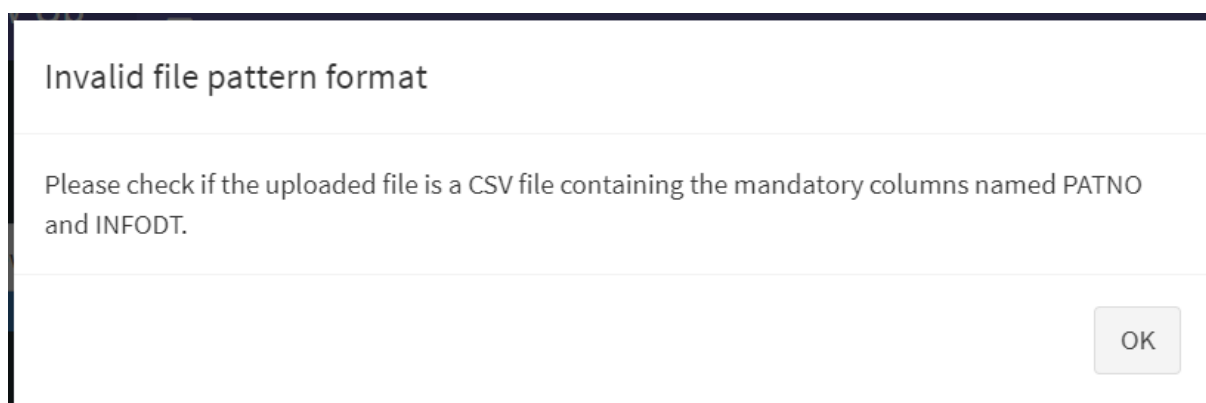


Figura 4.4 – Mensagem de erro ao inserir um arquivo com formato incorreto: “Por favor verifique se o arquivo carregado está no formato CSV e contém as colunas obrigatórias nomeadas PATNO e INFODT”

para a variável selecionada. Uma identificação por cor é utilizada no gráfico de acordo com o ID do paciente e é especificada pela legenda do gráfico (Figura 4.6).

Caso o usuário queira ver os detalhes dos dados de forma numérica e mais específica através do gráfico, ele consegue acessar essas informações passando o cursor do mouse sobre o gráfico. Assim ele terá a data a qual foi realizada a coleta, o valor numérico da variável escolhida para o paciente e o seu ID (Figura 4.7).

Além disso, ainda na aba “Visualization” do corpo do Dashboard, é possível que o usuário selecione visualizar as datas de coletas por ano “Scale by year” (Figura 4.7) ou

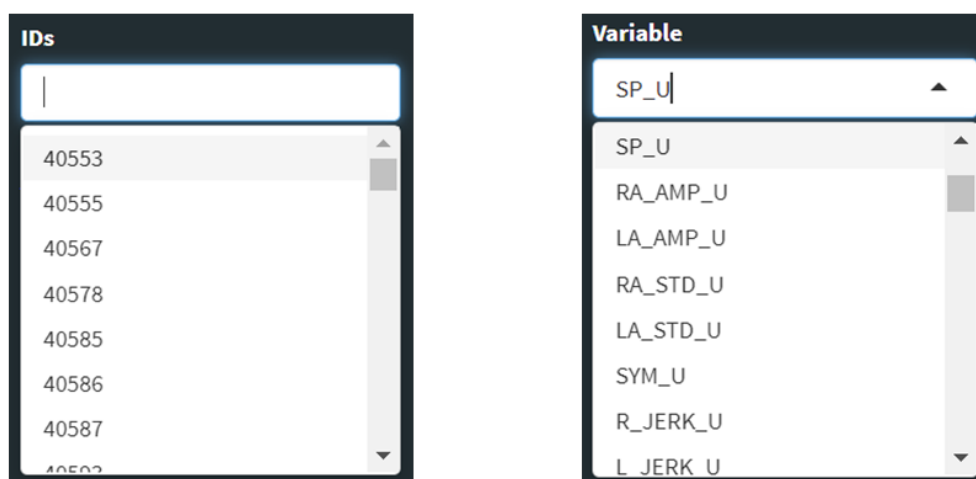


Figura 4.5 – Funcionalidade de escolha dos IDs e Variavel na barra lateral do dashboard

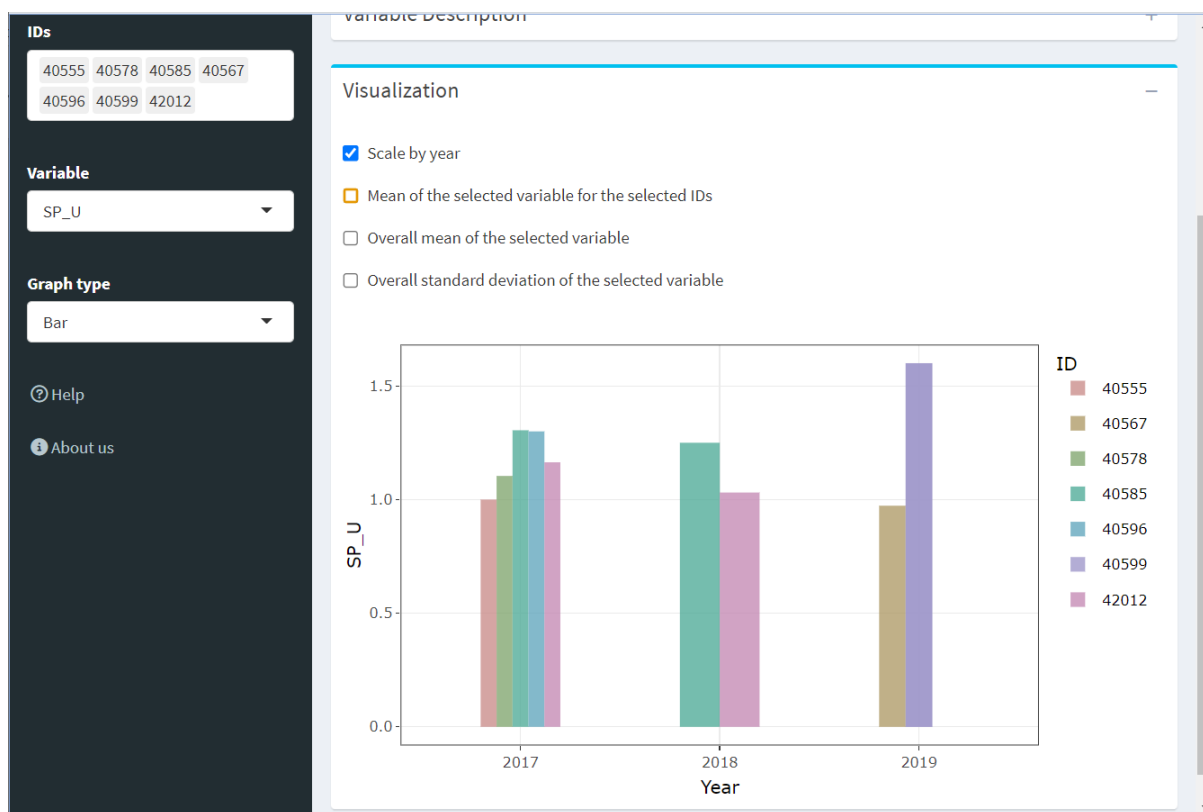


Figura 4.6 – Aba “Visualization”

caso desmarque essa opção, será possível visualizar o gráfico com o eixo x no formato ano-mes-dia (Figura 4.8).

Outra funcionalidade presente no gráfico é a visualização das médias da variável selecionada por ID (Figura 4.9). Essas médias são traçadas em linhas pontilhadas no mesmo padrão de cor dos IDs dos pacientes quando selecionada a opção, por convenção esse campo já vem selecionado em “*Mean of the selected variable for the selected IDs*”.

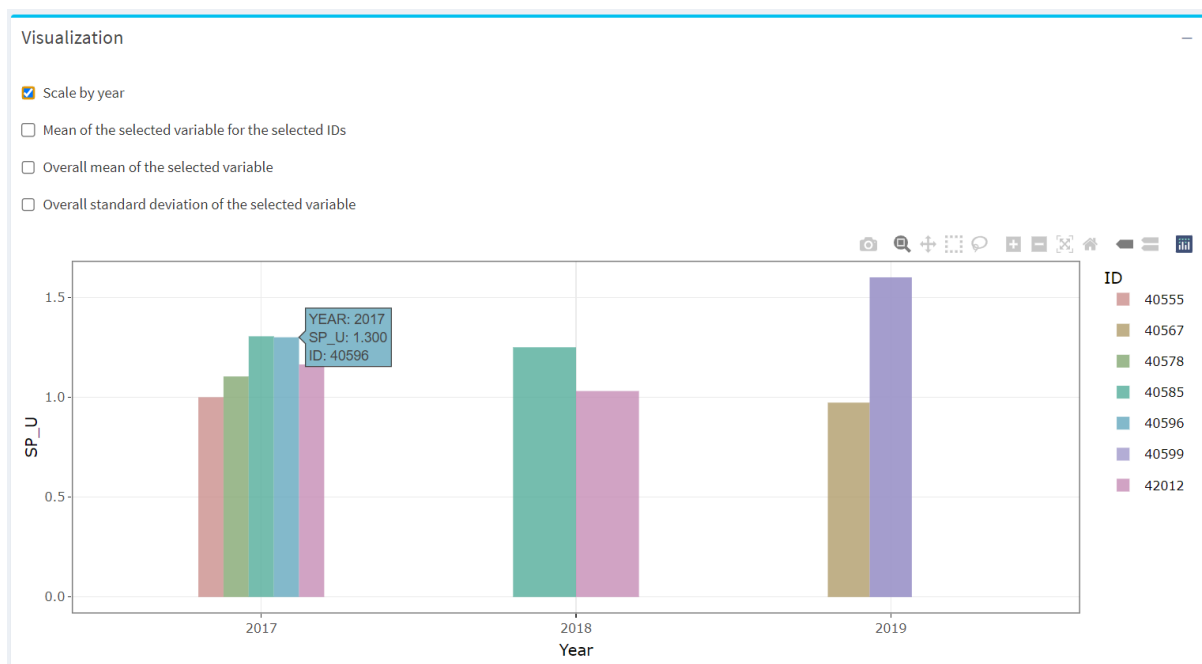


Figura 4.7 – Detalhes numéricos do Gráfico

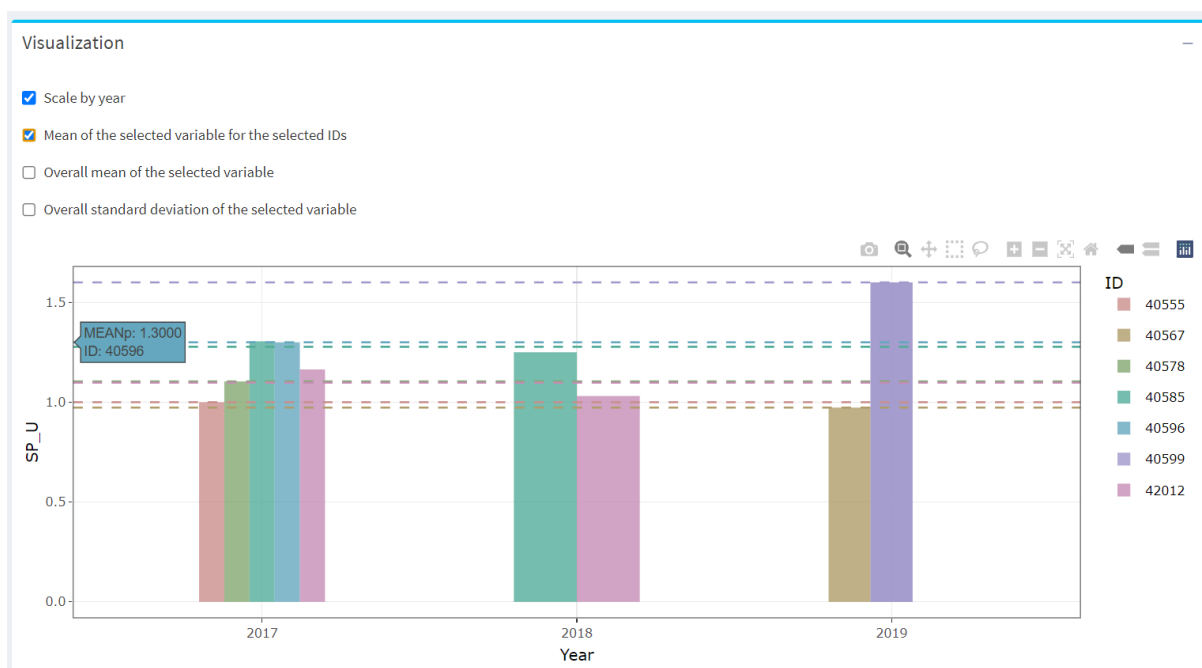


Figura 4.8 – Gráfico com escala de tempo no formato ano-mes-dia

Também é possível visualizar a média e desvio padrão da média geral da variável selecionada. Quando essas opções são selecionadas, os parâmetros estatísticos aparecem em cor azul no gráfico, sendo a média geral em traços pontilhado e o desvio padrão geral em traços contínuos na vertical com os valores de máximo e mínimo (Figura 4.10)

Assim como os outros parâmetros acima citados, é possível visualizar os valores numéricos das médias e desvio padrão passando o cursor sobre os traços representativos dos gráficos (Figura 4.9 e 4.10).

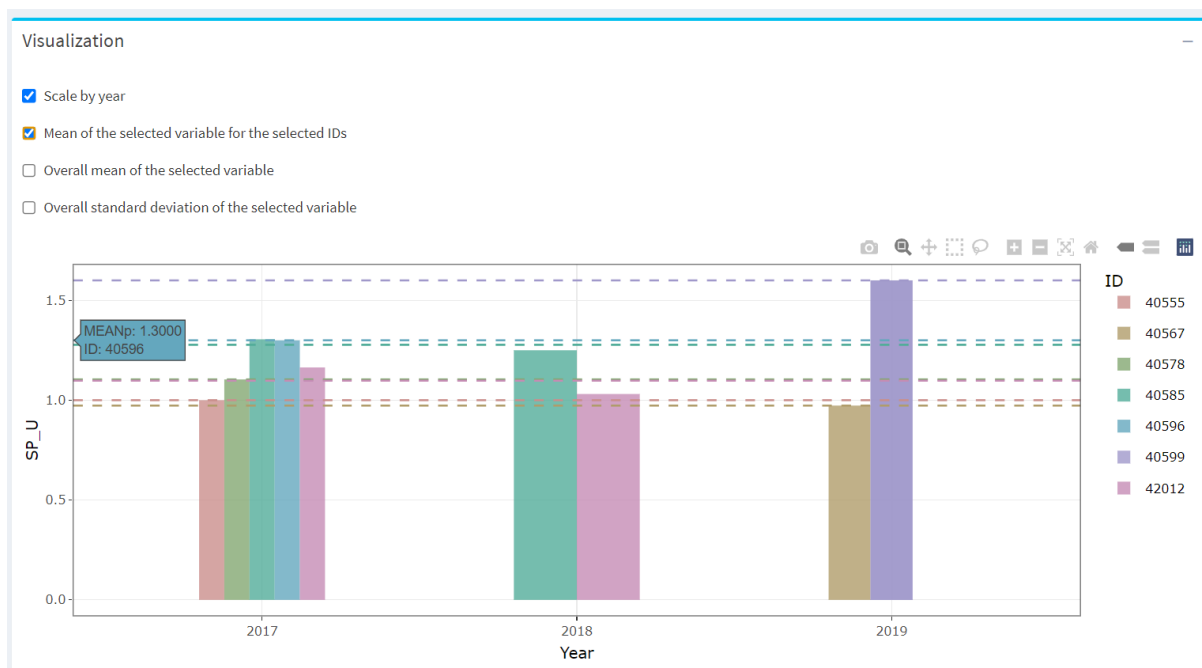


Figura 4.9 – Gráfico do dashboard com as médias gerais da variável por ID selecionadas para visualização

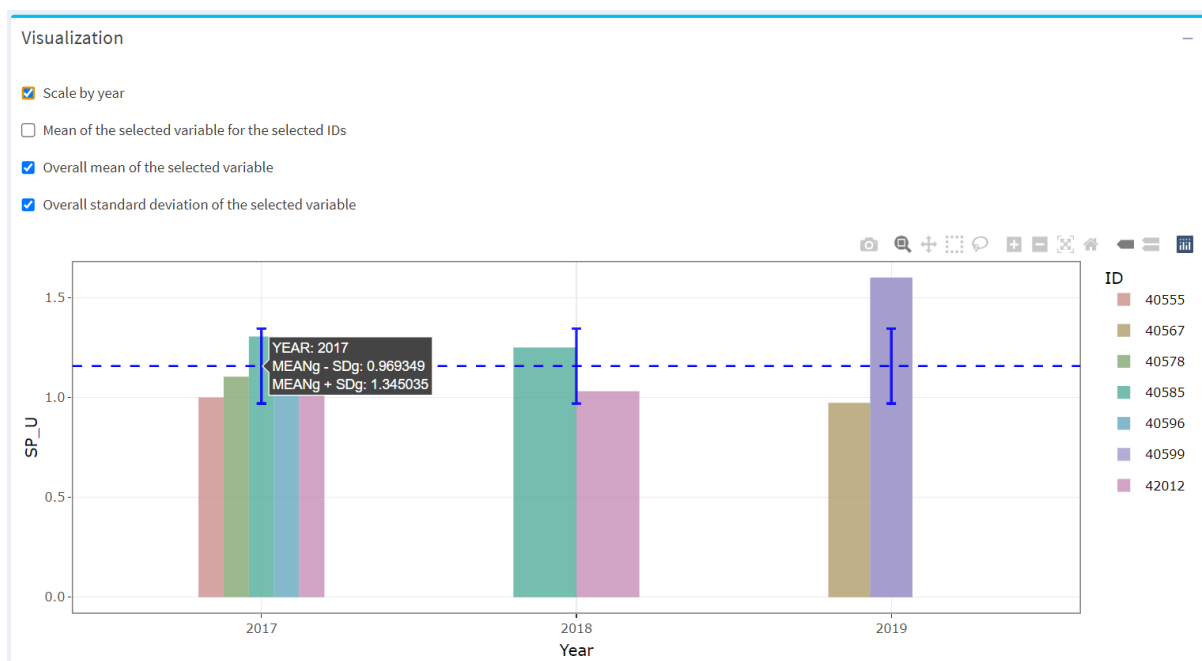


Figura 4.10 – Média e desvio padrão da média geral da variável selecionada

Além das funcionalidades citadas, o usuário consegue modificar o tipo de gráfico que deseja visualizar através do campo “*Graph type*” da barra lateral. Podendo escolher o tipo de gráfico em barras, pontos ou pontos ligados com linhas (Figura 4.11).

Essas opções foram incrementadas para caso o usuário prefira outro tipo de visualização dos dados, os pontos ligados por linhas por exemplo podem auxiliar a ver a melhora ou piora na variável nos casos que possuem mais de uma coleta. As Figura 4.12, 4.13 e

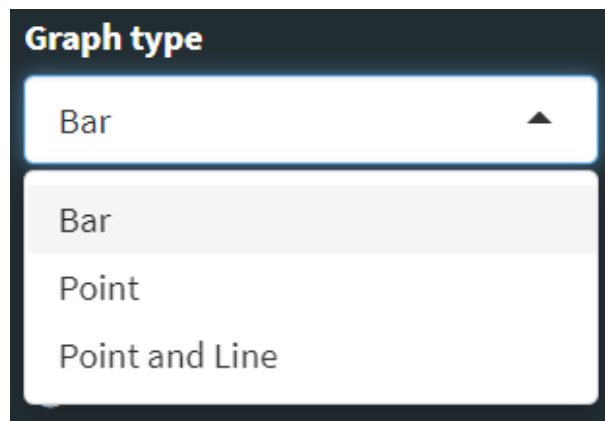


Figura 4.11 – Funcionalidade de escolha de tipo de gráfico

4.14 mostram os tipos de gráficos possíveis na interface.



Figura 4.12 – Gráfico em barras

A aba “Data” do corpo do Dashboard (Figura 4.15), quando maximizada através do símbolo “+” no canto superior direito, torna possível visualizar numericamente todas as variáveis do arquivo inserido inicialmente na forma de tabela para os pacientes selecionados através da barra lateral. Nos casos em que o campo aparece vazio é porque esse dado também está vazio no arquivo inserido.

A aba “Statistics”, também quando maximizada no seu canto superior direito, possibilita o usuário visualizar uma tabela resumo com relação a variável selecionada na barra lateral (Figura 4.16). Essa tabela mostra os parâmetros estatísticos de média e desvio padrão, tanto individual de cada ID selecionado (indicada pela letra p), quanto geral de todos os IDs do arquivo selecionado (indicada pela letra g).

A aba “Variable description” do corpo do dashboard, quando maximizada no canto superior direito permite, caso desejado pelo usuário, selecionar um arquivo no formato

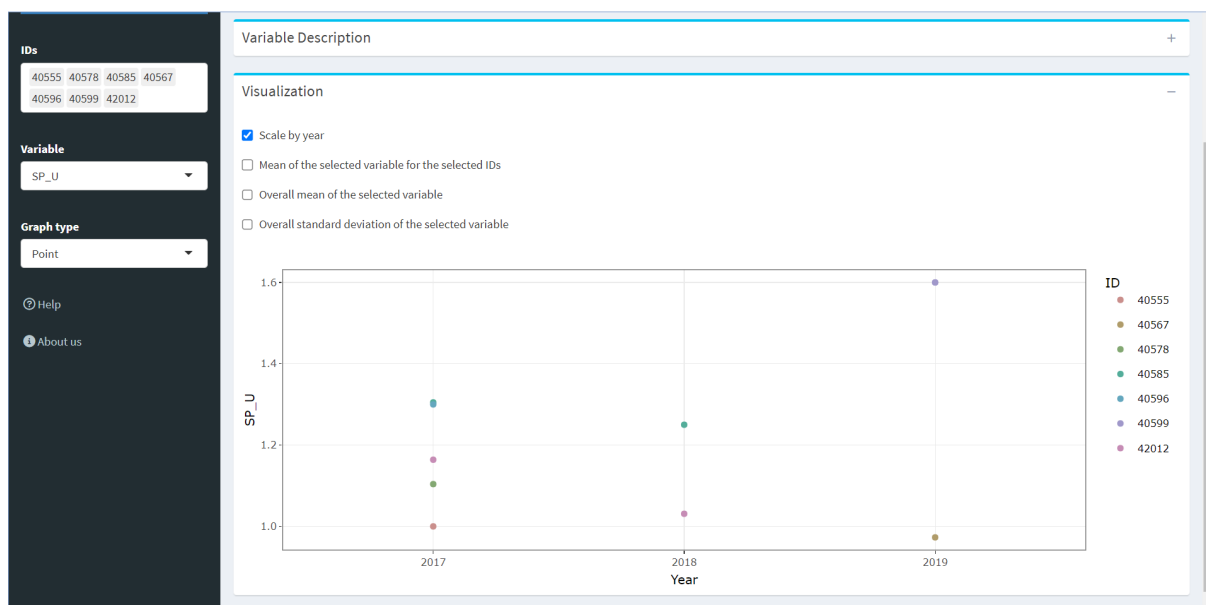


Figura 4.13 – Gráfico de pontos

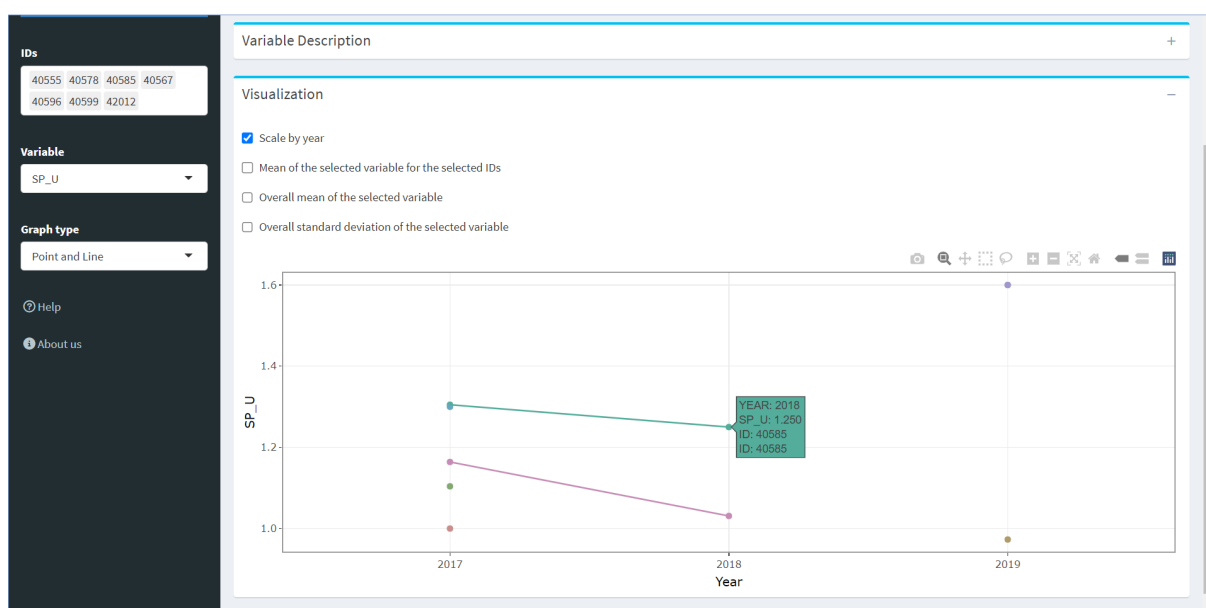


Figura 4.14 – Gráfico de pontos ligados por linhas

CSV que contenha a coluna nomeada ITM-NAME contendo a identificação das variáveis e a coluna nomeada DSCR contendo a descrição das variáveis (tabela 3.1). Assim, através desse arquivo é impresso a descrição da variável na interface (Figura 4.17).

Caso o arquivo não esteja no formato adequado ou não contenha as colunas nomeadas ITM-NAME e/ou DSCR como no exemplo (tabela 3.1), é exibido uma mensagem de erro para instruir o usuário (Figura 4.18).

Assim, essas foram todas as funcionalidades implementadas no dashboard. Para a validação do sistema, criou-se uma tabela teste manualmente, com datas de coletas em um mesmo ano para um mesmo ID de paciente e com isso foi verificado a necessidade de implementação da função de seleção de formato da escala de data, citada anteriormente

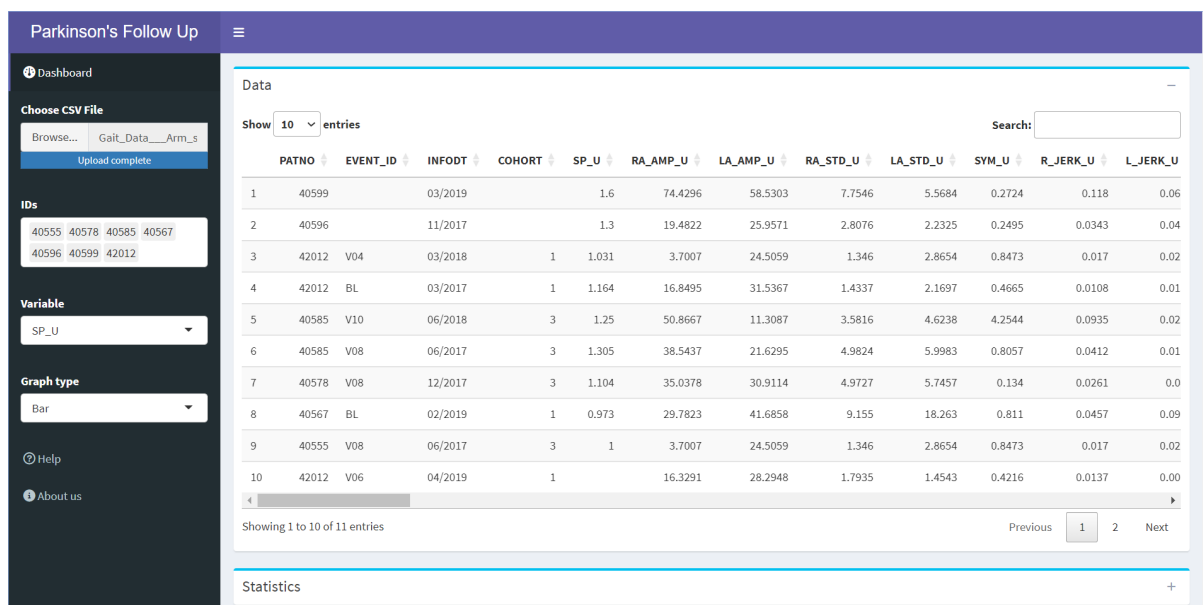


Figura 4.15 – Aba “Data” do dashboard

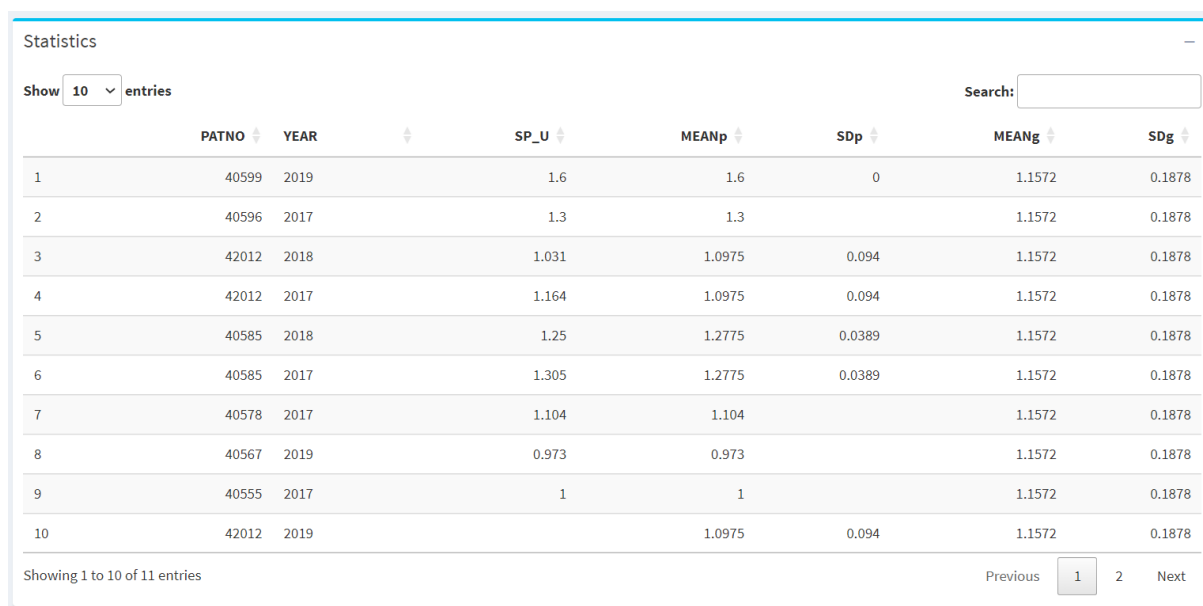


Figura 4.16 – Aba “Statistics” do dashboard

(Figura 4.8), para visualização do gráfico e assim evitar sobreposição dos dados como visualizado na Figura 4.19.

A opção de escala por ano já é pré-selecionada pois foi observado que a maioria das coletas de dados por pacientes da base de dados da PPMI ocorre em anos diferentes. Assim, a possibilidade de mudar a escala para outro formato foi implementada pra abranger outras bases de dados caso seja necessário (Figura 4.20).

Além disso, na etapa final para finalizar a validação todos os arquivos da base de dados da PPMI foram carregados para o dashboard para verificar se havia alguma necessidade de otimização. Com isso, percebeu-se que algumas datas de coletas foram inseridas incorretamente, por exemplo o número "19" ao invés do ano completo "2019" (Figura 4.21).

Figura 4.17 – Aba “*Variable description*” do dashboard

Figura 4.18 – Erro quando inserido o arquivo de descrição de formato incorreto na aba “*Variable description*” do dashboard

Assim, foi tratado no código para inserir esses dados com o ano completo.

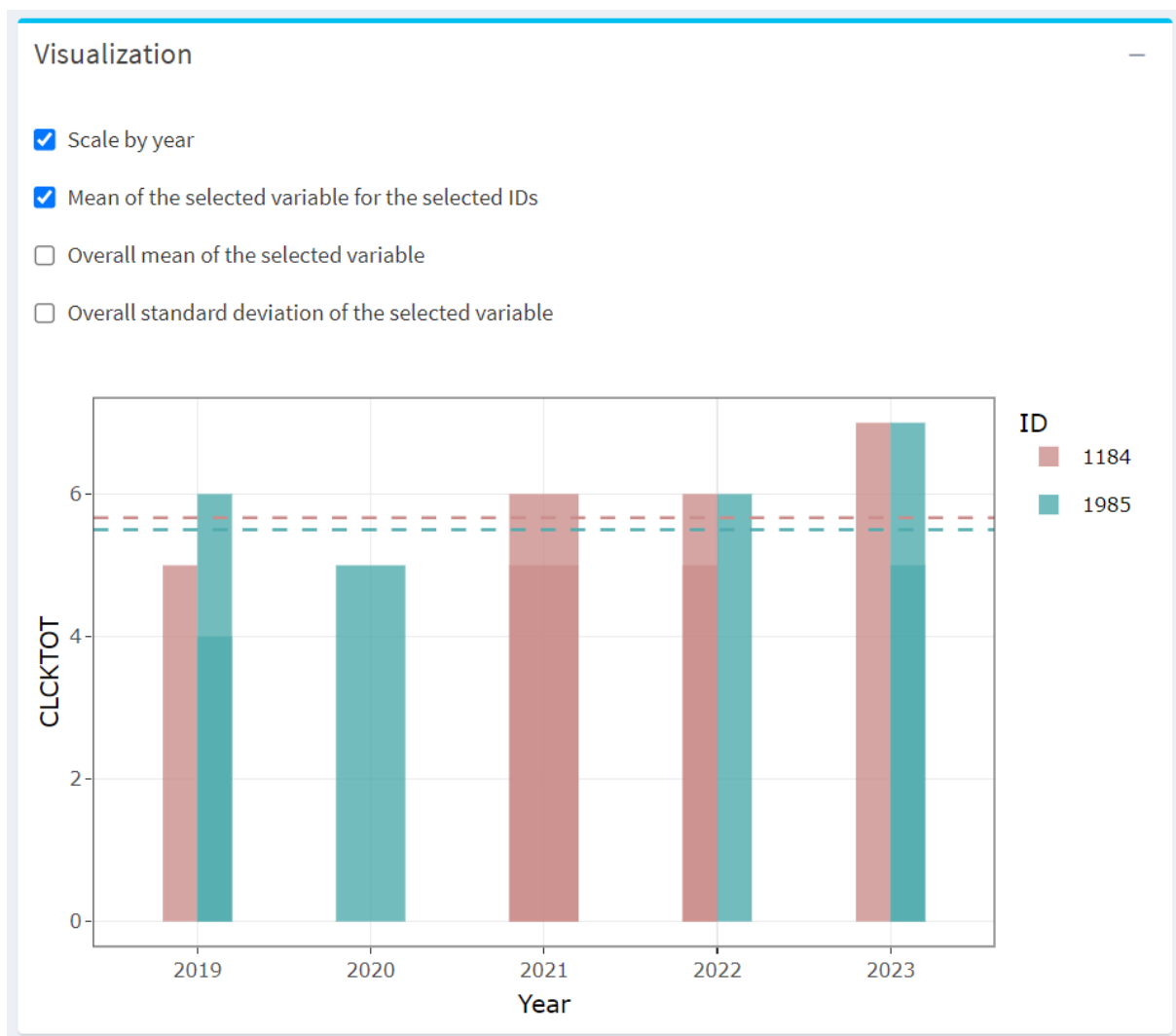


Figura 4.19 – Gráfico com sobreposição de dados devido a escala de datas de coleta por ano

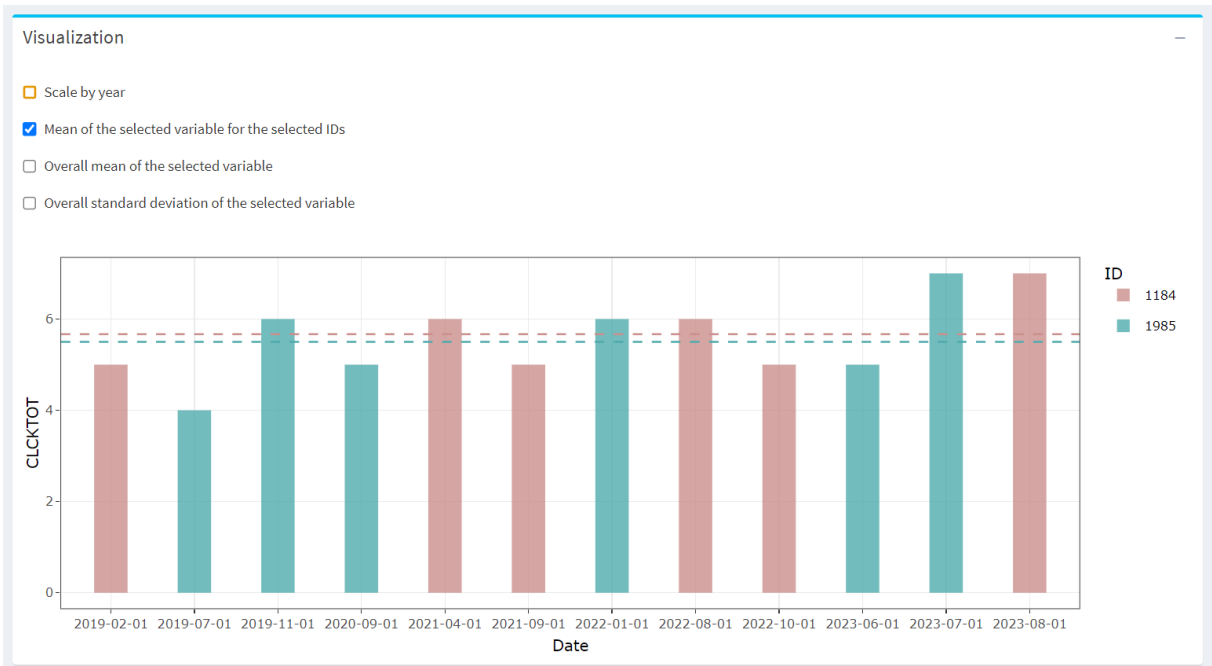


Figura 4.20 – Gráfico sem sobreposição de dados devido a escala de datas de coleta

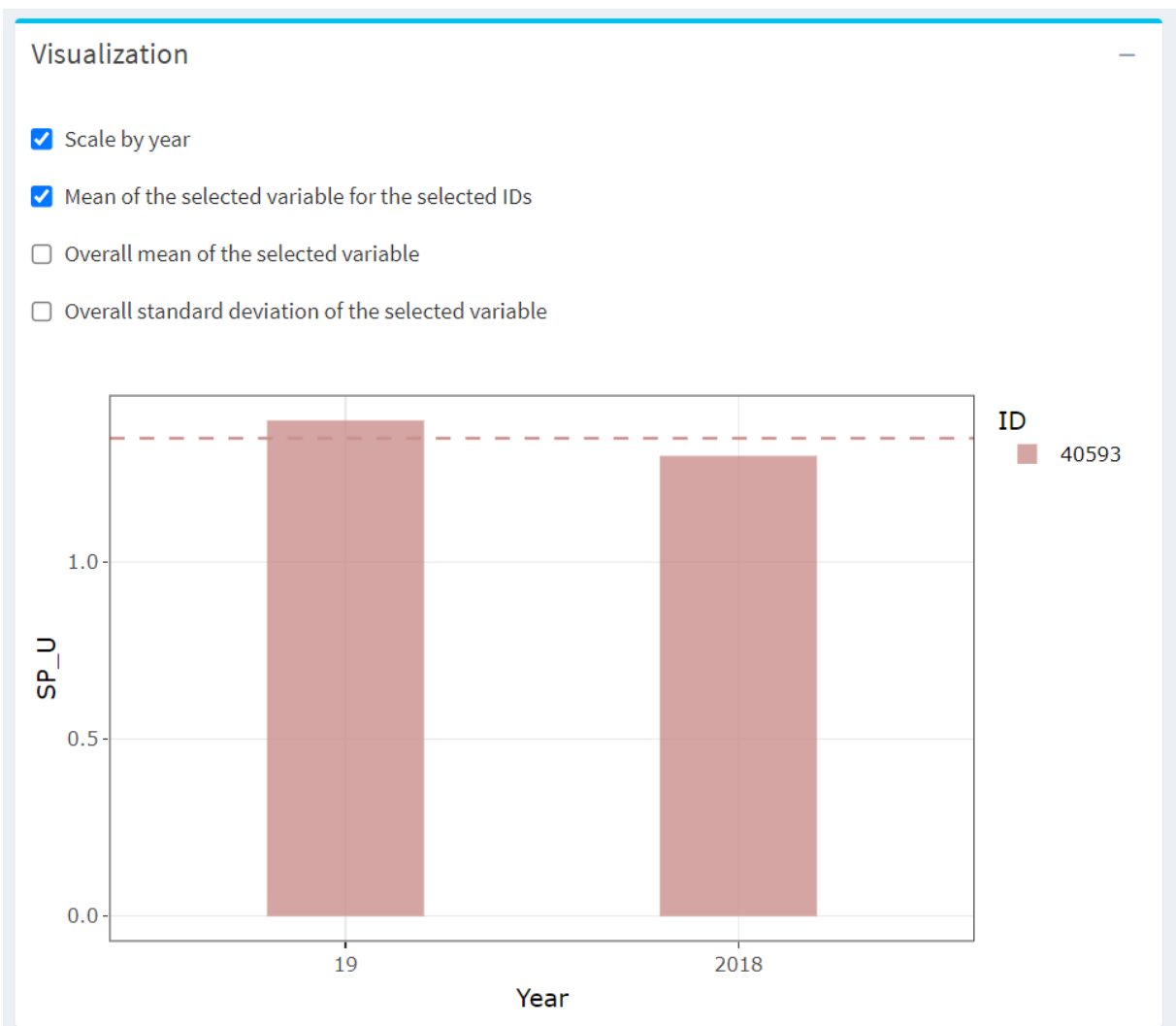


Figura 4.21 – Gráfico com dados de data inserido incorretamente

Considerações finais

O presente trabalho especificou todas as etapas do desenvolvimento de um dashboard para mostrar visualmente os dados de pacientes coletados, mostrando que o sistema cumpriu o objetivo proposto de acompanhamento da DP. O estudo da DP, seus sintomas e tratamentos, juntamente com o estudo da base de dados disponibilizada pela PPMI, permitiu a realização dos levantamentos de requisitos do sistema e assim desenvolver um dashboard mais eficiente.

Além disso, o dashboard foi desenvolvido com uma interface simples e de fácil utilização como proposto inicialmente. O sistema também foi implementado de forma generalizada para possibilitar a utilização para outras aplicações, dados que envolvam outras doenças e para outros bancos de dados exigindo somente o padrão do arquivo inserido e do nome das variáveis obrigatórias.

Desta forma, o Dashboard desenvolvido mostrou-se uma ferramenta útil para ser utilizada pelos profissionais da área da saúde e cuidadores como ferramenta de auxílio para o acompanhamento de doenças no tempo. Além disso, pode contribuir na análise dos dados e consequentemente na avaliação de eficácia dos tratamentos adotados para os pacientes.

Para trabalhos futuros, sugere-se implementações de funcionalidades sutis para melhorar a interação do usuário, como por exemplo utilizar o cursor do mouse sobre o nome das variáveis na tabela e imediatamente aparecer a descrição dessas variáveis. Além disso, outro fator importante sugerido são os testes e avaliações com profissionais de saúde para obter feedbacks e assim poder melhorar cada vez mais o sistema.

Além disso, busca-se continuar essas implementações no dashboard de forma que o projeto seja uma contribuição para o desenvolvimento de pesquisas de forma que se torne uma aplicação de fácil acesso e utilização.

Referências

- ALTMANN, Vivian. Aspectos genéticos, ambientais e suas interações na suscetibilidade e farmacogenética da doença de Parkinson. In.
- ARMSTRONG, Melissa J.; OKUN, Michael S. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease: A Review. **JAMA**, American Medical Association (AMA), v. 323, n. 6, p. 548–560, fev. 2020. ISSN 0098-7484. DOI: [10.1001/jama.2019.22360](https://doi.org/10.1001/jama.2019.22360).
- BARBOSA, Maira Tonidandel; CARAMELLI, Paulo; MAIA, Débora Palma; CUNNINGHAM, Mauro César Quintão; GUERRA, Henrique Leonardo; COSTA, Maria Fernanda Lima; CARDOSO, Francisco. Parkinsonism and Parkinson's Disease in the Elderly: A Community-Based Survey in Brazil (the Bambui Study). In: 6. MOVEMENT Disorders. 2006. v. 21.
- BLOEM, Bastiaan R; OKUN, Michael S; KLEIN, Christine. Parkinson's disease. **The Lancet**, v. 397, p. 2284–2303, jun. 2021. ISSN 0140-6736. DOI: [10.1016/s0140-6736\(21\)00218-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00218-x).
- COLLABORATORS, GBD 2016 Neurology. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **The Lancet Neurology**, v. 18, n. 5, p. 459–480, mai. 2019. ISSN 1474-4422. DOI: [10.1016/s1474-4422\(18\)30499-x](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(18)30499-x).
- DALEY, Kate; RICHARDSON, Jonathan; JAMES, Ian; CHAMBERS, Annette; CORBETT, David. Clinical dashboard: use in older adult mental health wards. In: THE Psychiatrist. 2013. v. 37, p. 85–88. DOI: [doi:10.1192/pb.bp.111.035899](https://doi.org/10.1192/pb.bp.111.035899).
- DAUER, William; PRZEDBORSKI, Serge. Parkinson's Disease: Mechanisms and Models. In: NEURON. 2003. v. 39, p. 889–909.
- DOWDING, Dawn; RANDELL, Rebecca; GARDNER, Peter; FITZPATRICK, Geraldine; DYKES, Patricia; FAVELA, Jesus; HAMER, Susan; WHITEWOOD-MOORES, Zac; HARDIKER, Nicholas; BORYCKI, Elizabeth; CURRIE, Leanne. Dashboards for improving patient care: Review of the literature. **International Journal of Medical Informatics**, Elsevier BV, v. 84, n. 2, p. 87–100, fev. 2015. ISSN 1386-5056. DOI: [10.1016/j.ijmedinf.2014.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.10.001).

- GOETZ, Christopher G.; FAHN, Stanley; MARTINEZ-MARTIN, Pablo; POEWE, Werner; SAMPAIO, Cristina; STEBBINS, Glenn T.; STERN, Matthew B.; TILLEY, Barbara C.; DODEL, Richard; DUBOIS, Bruno; HOLLOWAY, Robert; JANKOVIC, Joseph; KULISEVSKY, Jaime; LANG, Anthony E.; LEES, Andrew; LEURGANS, Sue; LEWITT, Peter A.; NYENHUIS, David; OLANOW, C. Warren; RASCOL, Olivier; SCHRAG, Anette; TERESI, Jeanne A.; HILTEN, Jacobus J. Van; LAPELLE, Nancy. Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Process, Format, and Clinimetric Testing Plan. In: © 2006 MOVEMENT DISORDER SOCIETY 41, 1. MOVEMENT Disorders. 2008. v. 22, p. 41–47. DOI: [DOI:10.1002/mds.21198](https://doi.org/10.1002/mds.21198).
- GUPTA, Suneel. Advances in levodopa therapy for Parkinson disease. In: AMERICAN Academy of Neurology. 2016.
- IBGE. **Características gerais dos domicílios e dos moradores 2022** -. 2022.
- IBGE. **Censo demográfico do Brasil de 2022**. 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br>>.
- KALIA, Lorraine V; LANG, Anthony E. Parkinson's disease. **The Lancet**, v. 386, n. 9996, p. 896–912, ago. 2015. ISSN 0140-6736. DOI: [10.1016/s0140-6736\(14\)61393-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)61393-3).
- KIEBURTZ, Karl. Issues in neuroprotection clinical trials in Parkinson's disease. In: NEUROLOGY. 2006. v. 66, p. 550–557. DOI: https://doi.org/10.1212/WNL.66.10_suppl_4.S50.
- LUIZ, L.M.D.; MARQUES, I.A.; FOLADOR, J.P.; ANDRADE, A.O. Intra and inter-rater remote assessment of bradykinesia in Parkinson's disease. **NEUROLOGÍA**, Elsevier España, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2021.08.0050213-4853>.
- LYONS, Sarah; SONABEND, Rona Y.; SCHWARTZ, David D.; TIMMONS, Kelly D.; DESALVO, Daniel. 266-OR: Development of an EMR Dashboard to Enable Remote Patient Monitoring and Proactive Diabetes Care. **Diabetes**, v. 72, n. 1, 2023.
- MOREIRA, Camilla Silveira; MARTINS, Kamilly Farah Cardoso; NERI, Vanderson Carvalho; ARAÚJO, Paulo Gustavo. Doença de Parkinson: Como diagnosticar e tratar. In: 2. REVISTA Científica da Faculdade de Medicina de Campos. 2007. v. 2, p. 19–29.
- MORENO, Juan Sebastián Saavedra; MILLÁN, Paula Andrea; HENAO, Omar Fredy Buriticá. Introducción, epidemiología y diagnóstico de la enfermedad de Parkinson. In: 3. ACTA Neurológica Colombiana. 2015. v. 35, p. 2–10. DOI: [.org/10.22379/24224022244](https://doi.org/10.22379/24224022244).
- O'SULLIVAN, Sean S.; WILLIAMS, David R.; GALLAGHER, David A.; MASSEY, Luke A.; MORIYAMA, Laura Silveira; LEES, Andrew J. Nonmotor Symptoms as Presenting Complaints in Parkinson's Disease: A Clinicopathological Study. In: 1. MOVEMENT Disorders. 2008. v. 23, p. 101–106. DOI: [DOI:10.1002/mds.21813](https://doi.org/10.1002/mds.21813).

- PAUWELS, Koen; AMBLER, Tim; CLARK, Bruce H.; LAPOINTE, Pat; REIBSTEIN, David; SKIERA, Bernd; WIERENGA, Berend; WIESEL, Thorsten. Dashboards as a Service: Why, What, How, and What Research Is Needed? In: 2. JOURNAL of Service Research. 2009. v. 12, p. 175–189. DOI: [DOI:10.1177/1094670509344213](https://doi.org/10.1177/1094670509344213).
- PFEIFFER, Ronald F. Non-motor symptoms in Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders** (2015), Elsevier BV, jan. 2015. ISSN 1353-8020. DOI: [10.1016/j.parkreldis.2015.09.004](https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.09.004).
- PRZEDBORSKI, Serge. The two-century journey of Parkinson disease research. **Nature Reviews Neuroscience**, Springer Science e Business Media LLC, v. 18, n. 4, p. 251–259, mar. 2017. ISSN 1471-0048. DOI: [10.1038/nrn.2017.25](https://doi.org/10.1038/nrn.2017.25).
- RAMOS, Maquale Lago; NEVES, Dâmares Ribeiro; LIMA, Vanessa Pereira; ORSINI, Marco; MACHADO, Dionis; VALE BASTOS, Victor Hugo do; SANTOS, Ana Paula. Análise de parâmetros pneumofuncionais em pacientes com doença de Parkinson: estudo piloto. In: 2. REVISTA Brasileira de Neurologia. 2014. v. 50, p. 38–43.
- REICH, Stephen G.; SAVITT, Joseph M. Parkinson's Disease. **Medical Clinics of North America**, Elsevier BV, v. 103, n. 2, p. 337–350, mar. 2018. ISSN 0025-7125. DOI: [10.1016/j.mcna.2018.10.014](https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.10.014).
- SHULMAN, Lisa M. Understanding disability in Parkinson's disease. In: 25. MOVEMENT Disorders. 2010. v. 1, s131–s135.
- SICARI, Sabrina; RIZZARDI, Alessandra; COEN-PORISINI, Alberto. Home quarantine patient monitoring in the era of COVID-19 disease. **Smart Health**, Elsevier BV, v. 23, mar. 2022. ISSN 2352-6483. DOI: [10.1016/j.smhl.2021.100222](https://doi.org/10.1016/j.smhl.2021.100222).
- SVEINBJORNSDOTTIR, S. The clinical symptoms of Parkinson's disease. In: 139. JOURNAL of Neurochemistry. 2016. P. 318–324. DOI: [doi:10.1111/jnc.13691](https://doi.org/10.1111/jnc.13691).
- WERNECK, Antonio Luiz S. Doença de Parkinson: Etiopatogenia, Clínica e Terapêutica. In: REVISTA Hospital Universitário Pedro Ernesto, UERJ. 2010. v. 9.
- WHO. **Parkinson disease**. Ago. 2023. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease>>.
- WHO. **Parkinson disease: A public health and approach**. 2022.