





# Otimização do Fluxo de Atendimento de Pacientes de um Serviço de Radioterapia utilizando o Ciclo PDCA

## Optimization of Patient Care Flow in a Radiotherapy Service using the PDCA Cycle

Rogério Sanches Santos<sup>1,2</sup>, Carlos Eduardo Ribeiro<sup>2</sup>, Carlos Eduardo Gonçalves de Oliveira<sup>2</sup>, Emerson Nobuyuki Itikawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hospital Araújo Jorge/Associação de Combate ao Câncer em Goiás, Goiânia, GO, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Física/Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

### Resumo

Este estudo explorou a aplicação do Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir) para otimizar o fluxo de atendimento em um serviço de radioterapia, com foco no agendamento eficiente e na execução das sessões nos aceleradores lineares. Previamente ao estudo, o serviço enfrentava problemas de sobrecarga de trabalho com atrasos significativos, especialmente no período vespertino e noturno. A metodologia incluiu a padronização das rotinas, definição de indicadores de desempenho e reestruturação da agenda com base na capacidade real dos equipamentos, ajustando os tempos médios por tipo de tratamento. Na implementação do Ciclo PDCA, foram utilizadas ferramentas de gestão da qualidade, i.e., brainstorming, 5 Porquês, diagrama de Ishikawa e gráficos de controle. Os resultados mostraram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nos atrasos, sem comprometer a capacidade de atendimento. A reorganização dos intervalos de atendimentos possibilitou uma distribuição ótima da carga de trabalho com uso mais eficiente dos recursos, resultando em pontualidade das sessões com menor tempo de espera. A análise de satisfação dos pacientes após a nossa intervenção revelou redução das queixas relacionadas aos atrasos, com melhor percepção de eficiência nos atendimentos. A aplicação do Ciclo PDCA foi eficaz na otimização do fluxo de atendimento, através da abordagem real na agenda e nos intervalos de atendimentos dos equipamentos. A adoção contínua do Ciclo PDCA demonstrou ser uma estratégia resiliente e adaptável, promovendo a qualidade, eficiência e segurança no atendimento em radioterapia.

**Palavras-chave:** Ciclo PDCA, Eficiência Operacional, Administração, Ferramentas da Qualidade, Radioterapia.

### Abstract

*This study explored the application of the PDCA Cycle (Plan, Do, Check, Act) to optimize the patient care workflow in a radiotherapy service, focusing on efficient scheduling and execution of sessions on linear accelerators. Prior to the study, the service faced workload overload issues with significant delays, especially in the afternoon and evening periods. The methodology included the standardization of routines, definition of performance indicators, and restructuring of the schedule based on the actual capacity of the equipment, adjusting the average times by type of treatment. In the implementation of the PDCA Cycle, quality management tools were used, i.e., brainstorming, 5 Whys, Ishikawa diagram, and control charts. The results showed a significant reduction ( $p < 0.05$ ) in delays without compromising service capacity. The reorganization of slot time enabled an optimal distribution of workload with more efficient use of resources, resulting in punctual sessions and shorter waiting times. Patient satisfaction analysis after the intervention revealed a reduction in complaints related to delays and an improved perception of efficiency in care. The application of the PDCA Cycle proved effective in optimizing the care workflow through schedule and slot time adjustments. The continuous adoption of the PDCA Cycle has shown to be a resilient and adaptable strategy, promoting quality, efficiency, and safety in radiotherapy care.*

**Keywords:** PDCA Cycle, Operational Efficiency, Management, Quality Tools, Radiotherapy.

### 1. Introdução

Considerada um dos três pilares que sustentam o tratamento oncológico bem-sucedido, juntamente com quimioterapia e cirurgia, a radioterapia é uma modalidade de tratamento que usa radiações ionizantes para destruir as células tumorais ou impedir a sua multiplicação [1].

Um recente relatório, intitulado RT2030, da Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT) [2], revelou que 52% dos pacientes com câncer recebem radioterapia como parte de seu tratamento inicial, enquanto outros 20% recebem pelo menos um segundo ciclo de tratamento radioterápico ao longo do seu curso terapêutico. Projetando para o ano de 2030, estima-se que 640 mil novos casos de câncer serão diagnosticados, dos quais 333 mil precisarão de radioterapia em algum momento do tratamento [2]. No entanto, vários obstáculos dificultam o acesso a

esse tratamento, incluindo a escassez de aparelhos de radioterapia no Sistema Único de Saúde (SUS) do Brasil, muitos dos quais já estão obsoletos, e a defasagem na tabela de remuneração do SUS para os tratamentos [2].

Além da dificuldade de acesso ao tratamento pelos pacientes, muitos serviços de radioterapia em todo o Brasil operam com infraestrutura limitada para atender à crescente demanda de pacientes, o que resulta em uma sobrecarga nas agendas de tratamento [2]. Desta forma, essas unidades frequentemente têm suas agendas acima do limite gerando filas de espera e atrasos diários nos atendimentos, o que aumenta a insatisfação dos pacientes que precisam receber o tratamento oncológico. Ademais, a pressão sobre os profissionais e a falta de recursos adequados podem comprometer a qualidade do serviço prestado,

dificultando a realização dos procedimentos de maneira eficiente e segura. A combinação desses fatores agrava o problema, tornando a gestão do fluxo de atendimento uma prioridade para melhorar a eficiência e a satisfação dos pacientes nos serviços de radioterapia. No entanto, para garantir a eficácia e segurança, é necessário que os processos envolvidos sejam cuidadosamente planejados, executados, verificados e continuamente aprimorados.

Nesse contexto, o Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) surge como uma ferramenta relevante para promover a melhoria contínua na qualidade do tratamento radioterápico. Introduzido por Deming, o Ciclo PDCA é um método sistemático de quatro etapas projetado para impulsionar melhorias contínuas em processos e produtos [3]. As etapas - Planejar, Executar, Verificar e Agir - fornecem uma estrutura sólida para identificar oportunidades de melhoria, implementar mudanças, avaliar os resultados e ajustar os processos conforme necessário. Quando aplicado aos processos hospitalares, especialmente em serviços de alta complexidade como a radioterapia, o PDCA pode ser particularmente eficaz na padronização de processos, contribuindo diretamente para o aumento da eficiência e da qualidade no atendimento [4].

A aplicação prática do Ciclo PDCA exige uma abordagem estruturada e disciplinada. Na etapa de Planejamento, identificam-se os problemas ou oportunidades de melhoria, estabelecendo-se objetivos claros e mensuráveis, além de um plano de ação bem definido [5]. Na etapa de Execução, as ações planejadas são implementadas conforme previsto. A etapa de Verificação envolve a análise dos resultados obtidos, com foco na mensuração da eficácia das intervenções. Por fim, na etapa de Ação, tomam-se decisões com base nos dados analisados, o que pode incluir a padronização das melhorias implementadas ou o reinício do ciclo com novos ajustes [5].

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é explorar e aplicar o Ciclo PDCA na radioterapia, com foco na otimização do fluxo de atendimento nos aceleradores lineares.

## 2. Materiais e Métodos

Este projeto foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Goiás (UFG) e da Associação de Combate ao Câncer em Goiás (ACCG), em conformidade com a Resolução nº 466/12, que estabelece diretrizes e normas para pesquisas envolvendo seres humanos. As aprovações foram concedidas sob os termos substanciados nº 6.950.156 (CEP-UFG) e nº 7.017.312 (CEP-ACCG).

A unidade de radioterapia do Hospital Araújo Jorge (HAJ) dispunha de três aceleradores lineares: um Clinac Varian 2100C/D (ALX1), instalado em 1999; um Elekta Compact (ALX2), instalado em 2014; e um Elekta Infinity (ALX3), instalado em 2020. Contava ainda com um simulador convencional e um aparelho de braquiterapia de alta taxa de dose (HDR), ambos

instalados em 2013. Com esse parque tecnológico, eram oferecidas técnicas de tratamento como Radioterapia Conformacional 3D (RT3D), Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT), Terapia com Arco Volumétrico Modulada (VMAT), Radioterapia Estereotáxica (SRT), Radioterapia Estereotáxica Corpórea (SBRT), Radiocirurgia (RC), Irradiação Corporal Total (TBI) para transplantes de medula e Braquiterapia. Entretanto, apenas o ALX3 possibilitava a realização das técnicas mais avançadas, como VMAT, SRT, SBRT e RC.

A pesquisa concentrou-se na análise dos tempos de atendimento nos aceleradores lineares para identificar os principais fatores que contribuíam para os atrasos. Os dados foram extraídos das agendas de tratamento dos três aceleradores, utilizando o software de gerenciamento hospitalar Philips Tasy. Optou-se por utilizar o Tasy por ser o sistema de gestão adotado em todo o hospital, o que facilitava o acesso e a consulta das informações da radioterapia por usuários de diferentes setores. Além disso, ainda há grande dificuldade de integração entre o sistema de gerenciamento das máquinas de tratamento — no caso do hospital, o Mosaik da Elekta — e os demais sistemas hospitalares. Com o uso do Tasy, qualquer usuário podia acompanhar em qual fração do tratamento o paciente se encontrava, independentemente do setor. Para reforçar essa integração, ao lado do console de cada máquina havia uma estação do Tasy, onde todo o fluxo da agenda do paciente era gerenciado. Quando o técnico acionava o nome do paciente pelo Tasy, a chamada era feita automaticamente no painel da sala de espera para início do tratamento, e o paciente se deslocava para a sala, procedimento utilizado também para as consultas, garantindo uma comunicação eficiente e integrada durante todo o processo.

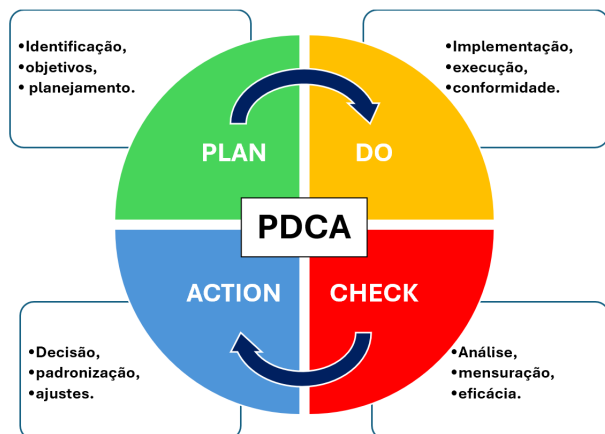
Além da análise quantitativa dos tempos de atendimento, foi realizada uma avaliação detalhada das etapas do fluxo de tratamento dos pacientes, incluindo o agendamento das sessões, a recepção e acolhimento, a chamada para a sala de tratamento, o posicionamento, a execução da sessão no acelerador linear e o tempo de liberação do paciente. Essa análise permitiu mapear gargalos e identificar oportunidades de melhoria em cada fase, especialmente nos horários de maior demanda. Também foram considerados os recursos humanos e físicos disponíveis, como número de profissionais por turno, tempo médio por procedimento e disponibilidade das salas de tratamento, para definir ações específicas voltadas à redução dos tempos de espera e à otimização do uso dos aceleradores.

### 2.1. Aplicação do Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, figura 1, permitiu a identificação de causas de atrasos, a implementação de ações corretivas e a avaliação sistemática dos resultados [5].

Na etapa P (Planejar), os processos foram mapeados e dados operacionais coletados, referentes aos tempos de atendimento dos

aceleradores lineares. Com base nessa análise, os principais pontos críticos foram identificados, i.e., ausência de critérios claros para agendamentos e distribuição desigual da complexidade dos tratamentos ao longo do dia. A partir desses achados, objetivos específicos foram definidos: reduzir os atrasos, otimizar a alocação de pacientes nos horários e melhorar a previsibilidade do atendimento.



**Figura 1.** Ciclo PDCA. Fonte: O autor.

Durante a etapa de diagnóstico, a metodologia dos 5 Porquês foi aplicada aos colaboradores envolvidos em todo o processo, desde o agendamento até o tratamento dos pacientes, permitindo compreender as causas multifatoriais dos atrasos na agenda. Entre os principais fatores identificados estavam o alto volume de pacientes, a falta de previsibilidade para interrupções, a ausência de metas de produtividade claras e a sobrecarga dos médicos, que frequentemente acumulavam outras atividades e não conseguiam comparecer rapidamente nas máquinas quando eram solicitados. Além disso, o brainstorming com a equipe técnica revelou variações na eficiência dos atendimentos ao longo do dia, influenciadas pela ausência de metas claras e pela sobrecarga de trabalho.

Essa análise aprofundada evidenciou que os atrasos tinham origem em problemas estruturais e operacionais, apontando para a necessidade de ações específicas. Para melhorar os resultados, foram implementadas diversas medidas, como o treinamento da equipe, a reorganização das agendas médicas e dos aparelhos, a revisão dos intervalos de atendimentos, a inclusão de horários para início de novos pacientes e para atendimento a pacientes sob anestesia, os controles de qualidade das máquinas, além da criação de gaps para encaixes não previstos. Essas ações contribuíram para a melhoria do desempenho do serviço e para a redução dos atrasos.

Esses fatores foram sistematizados em um diagrama de Ishikawa, que evidenciou a ausência de um planejamento estruturado, falhas na previsão de

eventos inesperados e uma gestão ineficaz da agenda como as principais causas dos atrasos [6].

Na etapa D (Executar), as ações planejadas foram implementadas, incluindo: revisão dos tempos de intervalo de atendimento por turno, reestruturação das agendas conforme a complexidade do tratamento, alocação de técnicos por sala em horários de pico, e sensibilização das equipes assistenciais quanto à importância do cumprimento dos horários.

Na fase C (Verificar), o monitoramento contínuo dos indicadores operacionais foi realizado, com destaque para os tempos de início e duração das sessões. Análises estatísticas possibilitaram a verificação do impacto das intervenções e a identificação de novas oportunidades de ajuste. Além disso, foram aplicadas enquetes de satisfação com os pacientes para avaliar a percepção sobre os tempos de espera e a organização do serviço.

Por fim, na fase A (Agir), os resultados foram discutidos com a equipe multiprofissional em reuniões periódicas, promovendo o engajamento coletivo na manutenção das melhorias.

## 2.2. Mapeamento do fluxo de trabalho da radioterapia

Como prelúdio à fase de Planejamento (P) do Ciclo PDCA, foi realizado o mapeamento detalhado do fluxo de trabalho do setor de radioterapia do HAJ-ACCG. Nessa etapa foram identificadas oportunidades de padronização e melhoria na jornada do paciente para otimização do atendimento, na redução de atrasos.

Baseando-se nessas diretrizes e na observação direta dos processos locais, foi realizado o mapeamento do fluxo de atendimento no serviço de radioterapia do HAJ-ACCG. O processo assistencial se inicia com o encaminhamento do paciente e a realização da consulta com o médico radio-oncologista, que define a conduta terapêutica. A partir disso, são iniciadas as etapas do fluxo pré-tratamento, incluindo exames de imagem diagnóstica, como tomografias e ressonâncias magnéticas, contorno do tumor e dos órgãos em risco, planejamento do tratamento e definição da data de início da radioterapia [7].

Para compreender integralmente a jornada do paciente no setor de radioterapia do HAJ-ACCG, mapeamos todo o fluxo assistencial, que inclui (i) consultas iniciais para indicação do tratamento radioterápico, (ii) simulação do tratamento, (iii) delineamento de órgãos em risco e dos volumes-alvo, (iv) definição das áreas de irradiação e proteção de estruturas saudáveis com o uso de imagens tomográficas, (v) planejamento e simulação virtual dos tratamentos, (vi) aprovação médica dos planos terapêuticos, (vii) acompanhamento do primeiro dia de tratamento nos aceleradores lineares, (viii) consultas médicas de revisão semanal e (ix) monitoramento dos pacientes ao longo do tratamento, conforme ilustrado na Figura 2.



**Figura 2.** Fluxo de atendimento do paciente no Setor de Radioterapia. Fonte: O autor.

Esse mapeamento identificou pontos críticos para otimização, promovendo maior clareza de cada etapa. A compreensão do fluxo completo foi essencial para embasar as intervenções de melhoria contínua, alinhadas aos princípios do PDCA e às diretrizes de segurança e qualidade internacionais.

### 2.3. Análise dos tempos de atendimento e dinâmica dos atrasos

As variáveis avaliadas foram o tempo de agendamento do tratamento, o horário de início e o término da sessão, no período de 01/10/2024 a 31/10/2024, antes da implementação do ciclo PDCA para comparação. O tempo de espera foi definido como a diferença entre o horário real de início da sessão e o horário agendado.

O tempo de máquina foi considerado como a duração efetiva da sessão de tratamento, calculado pela diferença entre o horário de término e o de início da sessão. Para fins de registro, considerou-se como início o momento em que o paciente entra na sala de tratamento e como término o momento em que o paciente a deixa, sendo essas informações registradas no sistema pelo técnico de radioterapia em cada atendimento.

Para contextualizar a análise, é importante destacar que a distribuição dos pacientes e a tecnologia empregada em cada equipamento influenciavam diretamente os tempos de sessão. As três máquinas possuíam aproximadamente o mesmo número de pacientes em tratamento diariamente. Dessa forma, cerca de 30% a 35% dos tratamentos diários eram realizados com a técnica VMAT no acelerador ALX3, enquanto 65% a 70% eram realizados com a técnica 3D nos aceleradores ALX1 e ALX2. Para os pacientes tratados no ALX3 com VMAT, a prática clínica incluía a realização de IGRT (Image-Guided Radiation Therapy) com Cone Beam nos primeiros dias de tratamento e, posteriormente, a cada 5 aplicações. Nos casos com dose por fração acima de 450 cGy, o IGRT era realizado diariamente. Esse protocolo de verificação de imagem, inerente às técnicas mais complexas, agregava tempo ao atendimento e era um fator relevante na dinâmica dos fluxos.

Para uma análise mais detalhada da distribuição dos atrasos ao longo do dia, os atendimentos foram organizados em três períodos de observação: Manhã (06h00 às 09h30), Tarde (09h30 às 18h00) e Noite (18h00 até o encerramento do serviço). Essa

segmentação permitiu avaliar a dinâmica dos atrasos considerando a rotina específica do serviço: no período da manhã ocorrem os inícios de três novos pacientes depois das 09h30; no período da tarde há o início de mais três novos pacientes a partir das 14h; e no período noturno, que apesar de não haver novos inícios de tratamento, os atendimentos podem refletir atrasos acumulados gerados pelos seis inícios realizados nos períodos anteriores e outros intercorrências ao longo do dia.

A análise do tempo de máquina foi realizada por meio de um histograma, e o valor médio foi calculado com um ajuste do tipo Log-Normal [8]. Qualquer distribuição Log-Normal  $P(t)$  pode ser definida a partir de dois parâmetros: o valor médio  $m$  e a dispersão  $\sigma$ , conforme a equação abaixo:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t} \exp\left[-\frac{\ln(t/m)^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (1)$$

O tempo médio  $t_m$  e seu desvio  $\sigma$  podem ser obtidos combinando os dois parâmetros nas seguintes relações:

$$t_m = \exp\left[\ln(m) + \frac{\sigma^2}{2}\right] \quad (2)$$

$$\sigma_m = t_m \sqrt{e^{\sigma^2} - 1}. \quad (3)$$

Para maximizar os resultados do Ciclo PDCA, foram utilizadas ferramentas de gestão da qualidade que apoiaram a análise dos problemas e a implementação das melhorias propostas [10]. Entre as ferramentas aplicadas destacam-se o brainstorming, os 5 Porquês, o diagrama de Ishikawa e os gráficos de controle [6].

Alinhado ao princípio de Pareto, em que 20% das causas são responsáveis por 80% dos problemas [6], ficou evidente que a otimização da gestão das agendas deveria ser o foco das melhorias, pois sua resolução traria o maior impacto positivo.

O gráfico polar (Fig. 3a) mostra a correlação entre o tempo de atraso ao longo do dia, com destaque para o período da tarde, que apresentou o maior tempo médio de atraso (2 horas e 39 minutos), em contraste com 1 hora e 12 minutos na manhã e 2 horas e 7 minutos à noite. Esse gráfico evidenciou um padrão de aumento dos atrasos no período da tarde, tornando-se um foco importante para as ações corretivas.

Inicialmente, havia sido avaliada uma média geral de atraso considerando todo o período de funcionamento do serviço, que girou em torno de 57 minutos. Para um serviço de alto volume, esse atraso médio não seria considerado tão elevado. Contudo, a análise detalhada revelou que, ao longo do dia, ocorriam momentos com atrasos superiores a 4 horas, especialmente no período da tarde — como, por exemplo, pacientes agendados para as 16h que só iniciavam o tratamento muito depois do horário previsto. Por essa razão, optou-se por dividir a análise por períodos, destacando o período da tarde como o de maior impacto, pois era onde os atrasos se acumulavam em decorrência do início de novos pacientes depois da 09h30 e às 14h00, de intercorrências durante o atendimento e de outros fatores operacionais.

### 3. Resultados

As ações concentraram-se na padronização das rotinas, definição de indicadores de desempenho e melhoria da comunicação entre as equipes. O planejamento da agenda foi reformulado com base na capacidade real de cada equipamento, considerando o tempo médio por tipo de tratamento e a meta diária por máquina.

Anteriormente, estimava-se o atendimento de 12 pacientes por hora (5 minutos por paciente), tempo esse que se mostrou impraticável. Com a nova abordagem, foi possível definir tempos médios mais realistas. O tempo médio obtido foi utilizado para avaliar possíveis mudanças nas metas do serviço. Com a implantação do hipofracionamento [9] para os casos de mama, foi necessário, antes mesmo deste estudo, ampliar o tempo destinado a cada paciente em uma das máquinas, passando a ser de 10 minutos por sessão. Essa mudança reduziu o número de pacientes tratados por dia em cada máquina; entretanto, houve um aumento no número de pacientes novos iniciando tratamento, em razão da redução do número médio de frações de 23 para 19 por paciente. Essa alteração na média de frações resultou em um aumento de aproximadamente 20% no número de pacientes tratados no mesmo período. Estabeleceram-se metas claras de produtividade, com acompanhamento diário por meio de indicadores como tempo médio por paciente, taxa de cumprimento da agenda, horário de início/término das máquinas e volume de pacientes atendidos.

A estrutura da agenda foi reformulada para reduzir sobrecargas, principalmente no início dos tratamentos, minimizando a espera pela presença médica. A redistribuição da carga de trabalho entre os turnos e o redesenho da agenda mostraram-se eficazes, resultando em maior pontualidade, melhor aproveitamento dos recursos e impacto positivo na experiência dos pacientes.

Realizou-se uma análise comparativa dos dados antes e depois das intervenções, evidenciando avanços significativos na performance do setor.

#### 3.1. Sustentabilidade das Melhorias

As ações demonstraram o potencial do Ciclo PDCA para promover melhorias relevantes, desde que acompanhadas por monitoramento constante, revisão periódica das metas e capacitação contínua da equipe. A sustentabilidade dos resultados esteve atrelada à capacidade do serviço de incorporar ajustes e manter o compromisso com a excelência. A simples redução do número de pacientes e ampliação do tempo por sessão mostrou-se inviável, considerando que o hospital é o único serviço oncológico com radioterapia pelo SUS em Goiás. A solução viável foi a reorganização da agenda sem comprometer a capacidade assistencial.

#### 3.2. Satisfação dos Pacientes

Foi realizada uma pesquisa de satisfação com foco em pontualidade, cordialidade da equipe, instalações físicas, limpeza e segurança. Antes da intervenção, foram registradas 1.214 reclamações distribuídas da seguinte forma: 621 relacionadas à pontualidade nos atendimentos, 200 às instalações físicas, 150 à cordialidade nos atendimentos, 130 ao serviço de limpeza e 113 ao serviço de segurança. A análise desses dados, realizada por meio do Diagrama de Pareto, evidenciou que a maior parte das reclamações (77%) estava associada aos tempos de espera, indicando a pontualidade como o principal ponto crítico.

Após a implementação das ações corretivas e ajustes no fluxo de atendimento, a pesquisa de satisfação passou a ser aplicada de forma contínua para monitorar a percepção dos pacientes ao longo do tempo. Nos meses subsequentes às ações, observou-se uma redução média de 25% nas reclamações por atraso, acompanhada de um aumento na percepção de eficiência e organização do serviço.

Além da otimização do fluxo e da pontualidade, foram realizadas melhorias nas instalações físicas, promovido treinamento da equipe para aprimorar a cordialidade nos atendimentos, implementada troca e reorganização da equipe de limpeza, além do reforço no serviço de segurança. Essas ações contribuíram para melhorar a satisfação dos pacientes.

#### 3.3. Reorganização do Atendimento

Antes da intervenção, a agenda era organizada para atender 8 pacientes por hora, ou seja, com intervalo de atendimentos de aproximadamente 7,5 minutos por paciente, o que já gerava atrasos desde o início do dia e acabava se acumulando ao longo de todo o período de funcionamento.

Após a intervenção, os intervalos de atendimentos (slots) foram ajustados de acordo com as características de cada máquina, e os atendimentos passaram a ser direcionados considerando a região anatômica tratada e a complexidade do caso.

A Tabela 1 apresenta a nova distribuição estratégica de pacientes por máquina, detalhando as localizações de tratamento e o intervalo de atendimento (slot) de tempo por paciente. O Acelerador ALX1 foi destinado a casos de ginecologia e aparelho digestivo, com intervalo de atendimento de 10 minutos por paciente, e todos foram tratados com radioterapia conformacional 3D. O Acelerador ALX2 foi direcionado para tratamentos de mama e metástases, com intervalos de atendimento de 10 minutos no período da manhã, 15 minutos por paciente no período da tarde, e retornando para intervalos de 10 minutos no período noturno, sendo todos tratados com radioterapia conformacional 3D. Já o Acelerador ALX3 foi utilizado para pacientes com câncer da próstata e cabeça e pescoço, com intervalo

de atendimento de 10 minutos por paciente, e todos foram tratados com a técnica VMAT.

Ressalta-se que, no ALX2, os intervalos de atendimento maiores no período da tarde (15 minutos) foram definidos principalmente para os tratamentos de mama em técnica 3D, que apresentavam posicionamento mais complexo e demandavam maior tempo de preparação, justificando o ajuste no tempo por sessão nesse acelerador.

Essa nova configuração, apresentada na Tabela 1 e implementada na prática, permitiu maior controle sobre o andamento da agenda. A comunicação entre as equipes e o ajuste nos tempos tornaram o serviço mais eficiente e focado no paciente.

**Tabela 1.** Distribuição de pacientes por máquina de acordo com as localizações de tratamento.

<b>Acelerador</b>	<b>Localizações</b>	<b>Intervalo de atendimento de tempo por paciente</b>
<b>ALX1</b>	Ginecologia, AD	10 min
<b>ALX2</b>	Mama, metástase	10, 15 min
<b>ALX3</b>	Próstatas e Cabeça e pescoço	10 min

Legenda: ALX1 – Acelerador Linear 1, ALX2 – Acelerador Linear 2, ALX3 – Acelerador Linear 3, AD - aparelho digestivo, min – minuto  
Fonte: O autor.

### 3.4. Redução dos Atrasos

A análise inicial, realizada antes da implementação do ciclo PDCA, revelou a dinâmica dos atrasos ao longo do dia. O gráfico polar (Fig. 3a) evidenciou a correlação entre o tempo de atraso e os períodos de atendimento, destacando a tarde como o turno mais crítico, com tempo médio de atraso de 2h39min, em contraste com 1h12min pela manhã e 2h07min à noite. Embora a média geral fosse de 57 minutos — valor que, isoladamente, não aparentava ser elevado para um serviço de grande volume — a análise detalhada revelou picos superiores a 4 horas, sobretudo no período da tarde. Por esse motivo, a investigação foi segmentada por turnos, o que permitiu identificar a tarde como o intervalo de maior impacto acumulado.

No mês de abril de 2024, a média diária foi de 252 pacientes tratados, considerando os dados coletados entre 03 e 28/04/2024. Nesse período, 31,7% dos pacientes (aproximadamente 80) aguardaram mais de 3 horas para iniciar o tratamento, sendo comum esperas de até 5 horas (Figs. 3a e 3c). O tempo médio de máquina, estimado por meio de ajuste Log-Normal (Fig. 3b), foi utilizado para redefinir as metas operacionais. A implantação do hipofracionamento [9] para casos de mama exigiu a ampliação do tempo por sessão para 10 minutos. Essa mudança reduziu o número de pacientes tratados por máquina diariamente, mas, em contrapartida, possibilitou um aumento de cerca de 20% no volume de novos pacientes, devido à redução no número médio de frações.

A evolução do tempo médio de atraso ao longo do dia (Fig. 3c) foi evidenciada na análise do tempo de início das sessões em relação à agenda. A diferença entre a sessão agendada e o tempo médio de início da sessão foi progressivamente minimizada,

indicando um desempenho melhorado ao longo do dia, especialmente após a adoção das novas metas de tempo de sessão.

Após a intervenção, os resultados mostraram uma redução significativa nos atrasos, sobretudo no período da tarde. O atraso médio caiu de 2h39min para 2h09min, o que representou uma redução de 19%. Pela manhã e à noite, as quedas foram ainda mais expressivas, de 23% e 30%, respectivamente. Além disso, o percentual de pacientes que aguardava mais de 3 horas reduziu-se de 31,7% para 15,4% (44 pacientes em uma média de 285 tratados diariamente, entre 18/11/2024 e 13/12/2024), o que correspondeu a uma redução de 48,6% no total de pacientes nessa condição.

Essa diminuição no tempo médio de atraso constituiu um dos principais indicadores de sucesso do projeto, confirmada por análises detalhadas dos tempos de espera, por meio dos gráficos de controle e histogramas mostrados nas figuras 3b e 3c.

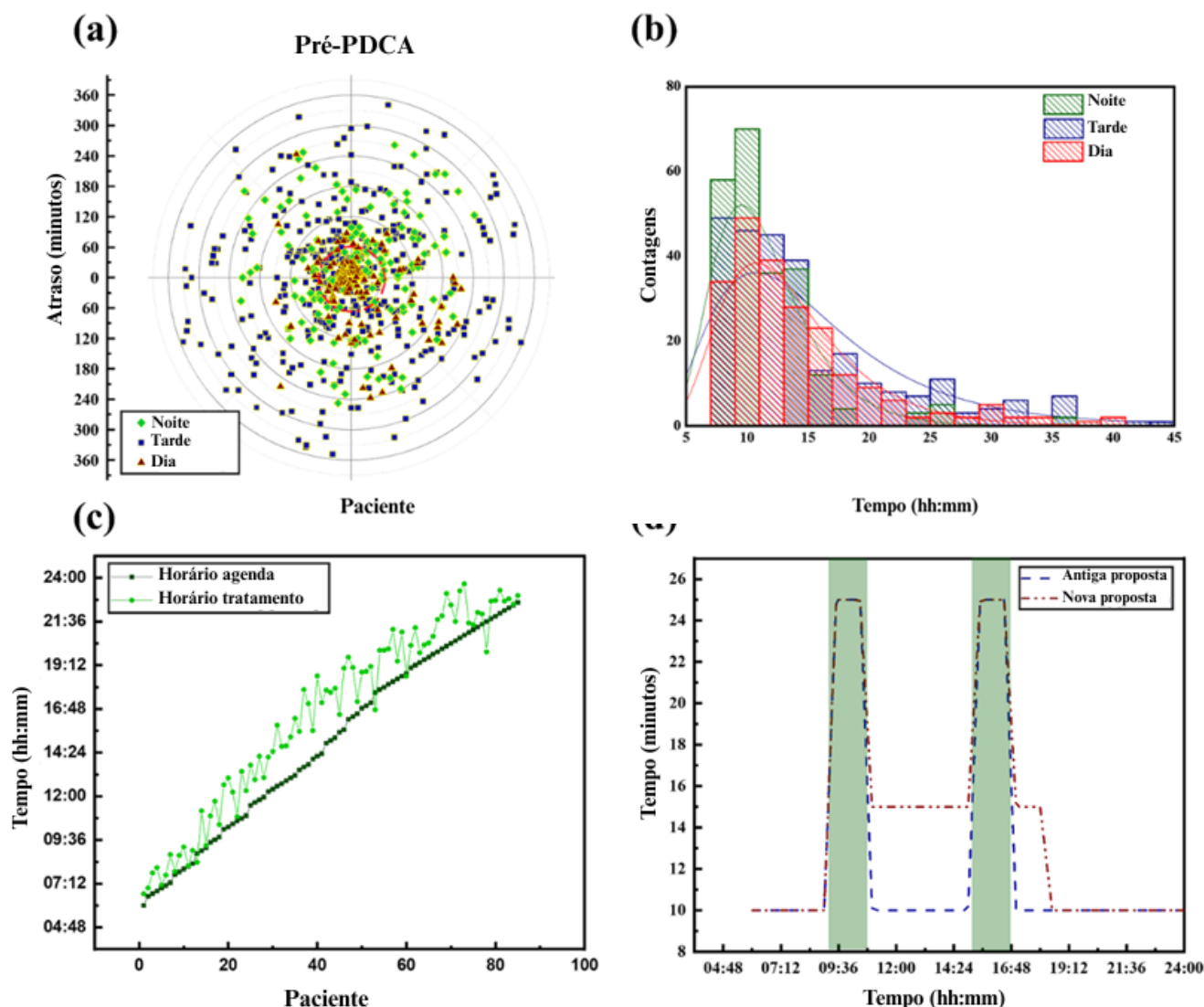
A melhoria nos tempos de atendimento, combinada com a otimização da distribuição dos pacientes na agenda, indicou uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis e uma maior equidade na carga de trabalho entre as máquinas. A taxa de cumprimento da agenda aumentou, permitindo um melhor aproveitamento do tempo de operação dos aceleradores.

O histograma da distribuição do tempo de sessão (Fig. 3b) revelou ainda que o período da tarde apresentou uma média de 15 minutos e 49 segundos por sessão, em comparação com 13 minutos e 36 segundos pela manhã e 12 minutos à noite. Essa distribuição, com comportamento log-normal, indicou que o tempo de sessão mais longo no período da tarde estava diretamente relacionado ao aumento do tempo de atraso nesse intervalo do dia.



Além disso, na nova configuração apresentada na Fig. 3d passou-se também a contemplar o intervalo destinado ao início de tratamento, estabelecido em 25 minutos por paciente, com três intervalos sequenciais pela manhã e três pela tarde, o que não era registrado anteriormente e permitiu uma visão mais completa do fluxo e da distribuição de tempos. Essa adequação dos intervalos, com a manutenção

da meta de 10 minutos pela manhã, a ampliação para 15 minutos à tarde e o retorno a 10 minutos no período noturno, foi necessária diante do aumento observado nos atrasos no período vespertino e contribuiu de forma significativa para a melhoria dos índices de pontualidade e para o atendimento eficiente durante o pico de demanda.



**Figura 3.** Análise Pré-PDCA; a) Tempo de atraso ao longo do dia em um gráfico tipo polar; b) Histograma do tempo de sessão; c) Evolução do tempo médio de atraso ao longo do dia Pré - Ciclo PDCA; d) Representação esquemática dos espaços de tratamento, ou slots, ao longo do dia. Fonte: O autor.

### 3.5. Análise Comparativa Pré e Pós-Implementação

Após a implementação do ciclo PDCA, foi realizada uma análise comparativa entre o fluxo de atendimento antes e depois da aplicação do PDCA. Foram avaliados indicadores como o tempo de atraso médio, o número de sessões adiadas e o nível de satisfação dos pacientes. A análise dos dados permitiu verificar se os ajustes realizados estavam proporcionando as melhorias esperadas no processo de agendamento e atendimento.

A distribuição do tempo de atraso, representada no gráfico polar-like (Fig. 4a), mostra um aumento de eventos na área central, o que demonstra uma redução no tempo de espera [8].

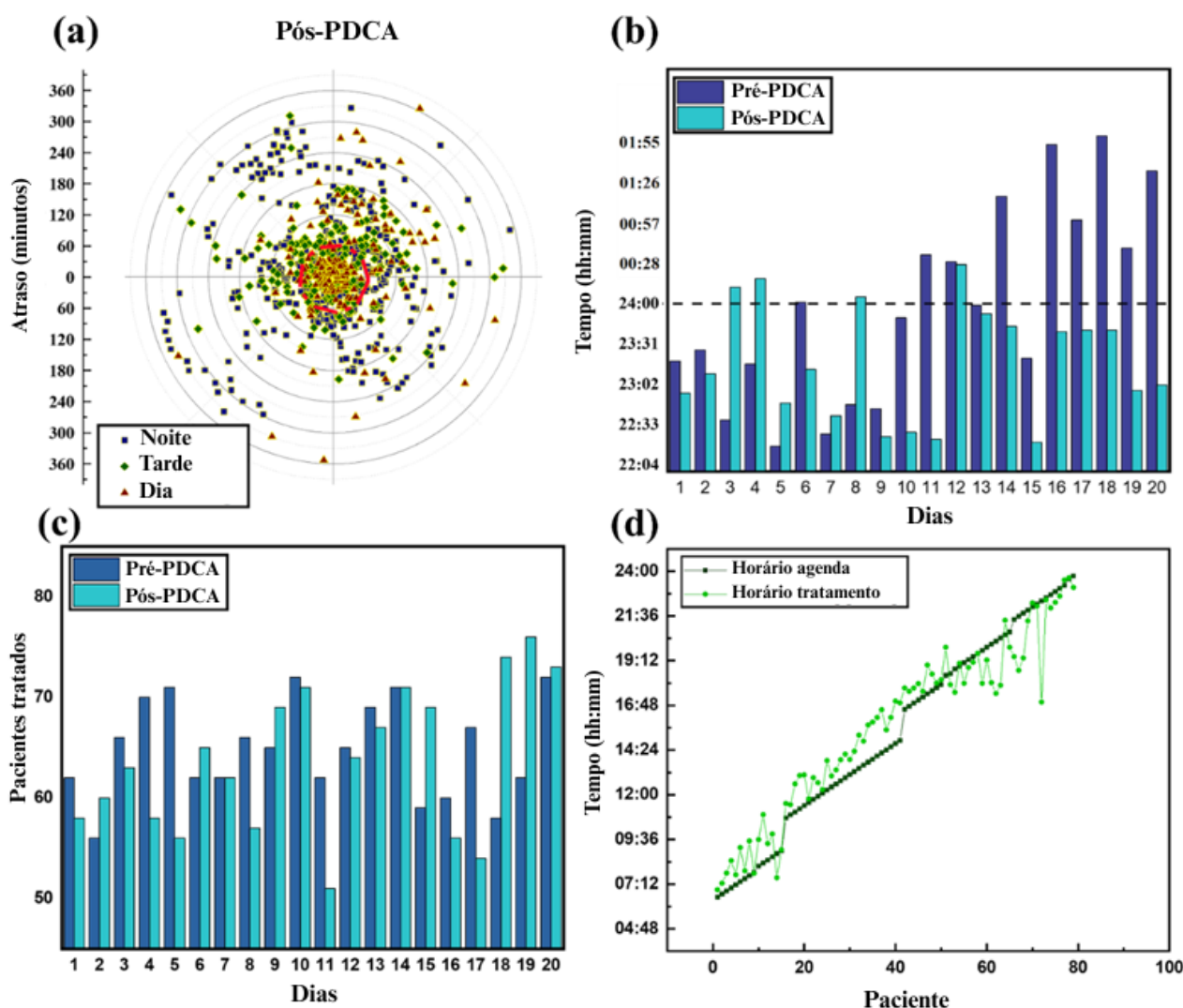
O gráfico que mostra o fim do serviço para os 20 dias pré e pós-ciclo PDCA (Fig. 4b), demonstrou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), confirmando que a intervenção trouxe melhorias significativas, especialmente no período da tarde. A análise estatística dos dados coletados antes e depois da aplicação do Ciclo PDCA, especialmente a comparação do número de pacientes atendidos nos

20 dias pré e pós-intervenção (Fig. 4c), não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Esse resultado foi fundamental para inferir que as melhorias implementadas no fluxo de atendimento — como a reorganização dos horários e o ajuste nos tempos de chamada e posicionamento — não comprometeram a capacidade de atendimento do serviço; ao contrário, indicaram um ganho de eficiência. Para otimizar o tempo entre um paciente e outro, os técnicos de radioterapia foram treinados para chamar o próximo paciente imediatamente após o término do tratamento do anterior. Enquanto o paciente vestia suas roupas e saía da sala, o seguinte já se deslocava para o local de tratamento, reduzindo o intervalo entre um paciente e outro. Além disso, quanto ao posicionamento, os técnicos passaram a atuar de forma mais integrada: ambos os profissionais escalados na máquina entravam juntos na sala para realizar o posicionamento do paciente, agilizando essa etapa crítica e garantindo maior eficiência e segurança operacional.

A evolução média do atraso ao longo do dia pós-ciclo PDCA (Fig. 4d), apresentou uma redução contínua, especialmente no período da tarde, conforme a meta variável foi implementada. Este gráfico destaca que o tempo de início das sessões foi consistentemente mais próximo ao tempo agendado, indicando um bom desempenho do serviço e a eficácia das ações adotadas.

### 3.6. Monitoramento e Sustentação das Melhorias

Acompanhamentos diários com base em indicadores de produtividade e satisfação permitiram ajustes em tempo real e evitaram desvios inesperados. As metas foram revisadas conforme a resposta do sistema às mudanças. A consolidação dos resultados incluiu ajustes como o tempo de sessão, reavaliação do agendamento e capacitação da equipe, essenciais para garantir a continuidade das melhorias. O Ciclo PDCA seguirá sendo aplicado de forma recorrente, assegurando a manutenção e o aprimoramento contínuo do atendimento



**Figura 4.** Análise Pós-PDCA; a) Tempo de atraso ao longo do dia em um gráfico tipo polar; b) Fim do serviço para cada dia antes e depois da intervenção; c) Número de pacientes tratados antes e depois da implementação do ciclo PDCA; d) Evolução tempo médio do atraso ao longo do dia Pós - Ciclo PDCA. Fonte: O autor.



#### 4. Discussão

A análise do fluxo de atendimento permitiu identificar pontos críticos que comprometem a eficiência operacional do serviço de radioterapia, constituindo a base para a aplicação do Ciclo PDCA na otimização dos processos e na redução dos atrasos na agenda de tratamento. O modelo do PDCA, ao promover ajustes contínuos baseados em dados concretos, contribuiu para uma execução mais eficiente das atividades, refletindo diretamente no fluxo de atendimento prestado aos pacientes.

Conforme reforça a literatura, o ciclo PDCA é um modelo lógico de melhoria contínua aplicável à complexidade do ambiente hospitalar [13, 14]. No presente estudo, sua aplicação sistemática foi fundamental para alcançar resultados sustentáveis, como a redução significativa dos atrasos sem comprometer o volume de atendimentos. Para isso, cada etapa do ciclo foi amparada por ferramentas de gestão da qualidade. O uso combinado de brainstorming e da metodologia dos 5 Porquês, por exemplo, foi essencial na etapa de Planejamento (P) para diagnosticar a causa-raiz dos atrasos. Já na etapa de Verificação (C), os histogramas e gráficos de controle (Fig. 3 e 4) foram indispensáveis para monitorar o impacto das intervenções e validar a eficácia da nova distribuição de horários. Dessa forma, as ferramentas não foram apenas aplicadas, mas serviram como alicerce para mapear, monitorar e validar o processo de melhoria contínua implementado no serviço [15].

Com base nessa evidência e nas práticas implantadas, foi possível direcionar as intervenções para otimizar etapas críticas — como a distribuição equitativa das sessões ao longo do dia e o gerenciamento mais eficiente dos turnos — com a segurança de que essas mudanças não reduziram o volume de pacientes tratados. Assim, os dados estatísticos validaram a efetividade das ações e embasaram ajustes pontuais no planejamento operacional.

Neste estudo, foram utilizadas ferramentas de gestão da qualidade dentro das etapas do ciclo PDCA, como brainstorming, 5 Porquês, diagrama de Ishikawa, 5W2H, diagrama de Pareto, fluxogramas, histogramas, gráficos de controle e diagramas de dispersão. Tais ferramentas foram essenciais para mapear e monitorar o processo de melhoria contínua [15].

A gestão eficiente da agenda dos tratamentos constituiu-se como um dos maiores desafios no serviço de radioterapia de alto volume. A ausência de ferramentas adequadas de monitoramento impede a identificação precisa de gargalos [15]. Nesse cenário, o Ciclo PDCA mostrou-se valioso ao permitir uma abordagem estruturada, possibilitando intervenções pontuais com foco na eficiência, na redução do tempo de espera e no cumprimento das metas de atendimentos diários.

Estudos internacionais corroboraram a importância de avaliar periodicamente os tempos reais de ocupação de sala e de atendimento nos serviços de

radioterapia para ajustar os tempos de agendamento e otimizar o fluxo. Um exemplo disso foi o trabalho de avaliação de processos realizado por *Beech et al.* em um grande serviço de radioterapia [17], que analisou 1.371 frações de tratamento e demonstrou que mais de 50% das sessões ultrapassavam os tempos de atendimento originalmente previstos. Nesse estudo, verificações de imagem (IGRT/EPID/CBCT) acrescentaram, em média, de 4 a 6 minutos por sessão, e pacientes com mobilidade reduzida demandaram aproximadamente 4 minutos adicionais, evidenciando a necessidade de considerar características do paciente e protocolos de imagem no planejamento dos intervalos. Além disso, constatou-se que técnicas mais avançadas, como VMAT e IMRT, reduziram o tempo de feixe ligado (“beam-on”), porém não reduziram o tempo total de ocupação da sala, reforçando a importância de ajustar o agendamento com base em dados reais.

Esses estudos reforçaram as ações implementadas neste estudo local, como a revisão dos intervalos de atendimento, a redistribuição dos pacientes por técnica e complexidade e a definição de protocolos específicos para IGRT e CBCT, de forma a garantir maior previsibilidade e eficiência. Assim como descrito no serviço internacional, a análise detalhada dos tempos no presente trabalho permitiu identificar gargalos, implementar ajustes e validar, por meio de indicadores, que a reorganização das agendas e o treinamento da equipe resultaram em melhorias significativas no fluxo de atendimento. Ao definir os novos intervalos, foi necessário dosar entre o aumento do tempo de cada sessão, a otimização do tempo de tratamento e a manutenção do volume diário de pacientes por máquina, garantindo equilíbrio entre eficiência operacional e qualidade do atendimento.

Contudo, a aplicação do PDCA exige entendimento profundo por parte dos profissionais envolvidos nos processos, pois sua eficácia pode ser comprometida em situações nas quais há falhas no diagnóstico dos problemas, na coleta e análise de dados ou no uso inadequado das ferramentas de qualidade. Outros desafios incluem a identificação incorreta das causas-raiz, assim como a ausência de padronização, falhas na comunicação e multiplicação do conhecimento [16].

#### 5. Conclusão

A aplicação do Ciclo PDCA no serviço de radioterapia demonstrou ser eficaz na otimização do fluxo de atendimento nos aceleradores lineares, com foco na melhoria do agendamento e da execução das sessões. A implementação das fases do ciclo permitiu reduzir significativamente os atrasos — em especial no período da tarde e nas sessões noturnas — e aumentar a pontualidade, sem comprometer a capacidade de atendimento. A reorganização dos horários contribuiu para uma distribuição mais equilibrada da carga de trabalho e maior eficiência no uso dos recursos disponíveis.

Os resultados evidenciaram impactos positivos significativos na experiência e satisfação dos

pacientes, com uma redução uma expressiva redução nas queixas relacionadas aos atrasos. A análise estatística demonstrou uma diminuição substancial no tempo médio de atraso em todos os períodos de atendimento confirmando a robustez das melhorias implementadas. Além disso, a reorganização das agendas e o treinamento da equipe aumentaram a taxa de cumprimento da agenda e otimizaram o uso dos aceleradores. Dessa forma, os objetivos do estudo foram plenamente alcançados, e a adoção contínua do Ciclo PDCA mostrou-se uma estratégia sustentável e adaptável, favorecendo a qualidade, a eficiência e a segurança no atendimento em radioterapia.

### Agradecimentos

Agradeço a todos os profissionais do Setor de Radioterapia do Hospital Araújo Jorge pela valiosa contribuição a este projeto. Ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Nobuyuki Itikawa, por sua orientação criteriosa, apoio constante e generosa dedicação ao longo de toda esta trajetória.

### Referências

- MARTIN, M. C. Radiation oncology - external-beam radiation therapy. *Health Physics*, v. 116, n. 2, p. 184-188, 2019.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE RADIOTERAPIA (SBRT). Relatório RT2030 - Plano de desenvolvimento da radioterapia para a próxima década. SBRT, 2020. Disponível em: [https://sbradioterapia.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Relatorio\\_Projeto\\_RT2030.pdf](https://sbradioterapia.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Relatorio_Projeto_RT2030.pdf). Acesso em: out. 2023.
- DEMING, W. E. Out of the Crisis. Cambridge: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.
- QIU, H.; DU, W. Evaluation of the Effect of PDCA in Hospital Health Management. *Journal of Healthcare Engineering*, 20 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/6778045>.
- LIU, X. et al. Application of PDCA Method in Quality Management of Running Medical Records at the Department of Orthopedics. *Chinese Medical Record English Edition*, v. 2, n. 3, p. 112-115, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/23256176.2014.910906>.
- MAGAR, V. M.; SHINDE, D. V. B. Application of 7 Quality Control (7 QC) tools for continuous improvement of manufacturing processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, v. 2, p. 364-371, 2014.
- VIEIRA, B. et al. Improving workflow control in radiotherapy using discrete-event simulation. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, v. 19, n. 1, p. 199, out. 2019. DOI: 10.1186/s12911-019-0910-0.
- LIMPERT, E.; STAHEL, W. A.; ABBT, M. Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues. *BioScience*, v. 51, n. 5, p. 341-352, maio 2001. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0341:LNDATS]2.0.CO;2.
- KOULOULIAS, V. et al. A unique hypofractionated radiotherapy schedule with 51.3 Gy in 18 fractions three times per week for early breast cancer: outcomes including local control, acute and late skin toxicity. *Breast Cancer*, v. 24, n. 2, p. 263-270, abr. 2016. DOI: 10.1007/s12282-016-0697-0.
- MAGAR, V. M.; SHINDE, D. V. B. Application of 7 Quality Control (7 QC) tools for continuous improvement of manufacturing processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, v. 2, p. 364-371, 2014.
- GALLEGOS, R. A. P. Ferramentas de Gestão Voltadas para Melhoria da Qualidade nas Empresas. [E-book]. Rio de Janeiro: Editora Freitas Bastos, 2023.
- NUGROHO, R. E.; MARWANTO, A.; HASIBUAN, S. Reduce product defect in stainless steel production using yield management method and PDCA. *International Journal of New Technology and Research*, v. 3, p. 39-46, 2017.
- JAGUSIAK-KOCIK, M. PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company — A case study. *Production Engineering Archives*, v. 14, p. 19-22, 2017.
- BAHADUR, Y. A. et al. Assessment of performance indicators of a radiotherapy department using an electronic medical record system. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, v. 22, n. 5, p. 360-367, set. -out. 2017. DOI: 10.1016/j.rpor.2017.06.002.
- NGUYEN, V. et al. Practical Application of Plan-Do-Check-Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging: A Case Study. *Applied Sciences*, v. 10, p. 6332, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10186332>.
- STROTMANN, C. et al. A Participatory Approach to Minimizing Food Waste in the Food Industry — A Manual for Managers. *Sustainability*, v. 9, p. 66, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su9010066>.
- BEECH, R.; BURGESS, K.; STRATFORD, J. Process evaluation of treatment times in a large radiotherapy department. *Radiography*, v. 22, n. 3, p. 206-216, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2016.03.001>.

### Contato:

Rogério Sanches Santos

Hospital Araújo Jorge da Associação de Combate ao Câncer em Goiás - R. 239, 206 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, Brazil, Zip code: 74605-070

E-mail: [Rogerio.Santos@accg.org.br](mailto:Rogerio.Santos@accg.org.br)