

Ablação por Campo Pulsado para Fibrilação Atrial: Experiência Multicêntrica Inicial no Brasil

Brazilian Registry of Pulsed Field Catheter Ablation for the Treatment of Patients with Atrial Fibrillation

Bruna Miers May,¹ Nilson Araujo Junior,² Silvia Helena Cardoso Boghossian,^{3,4} Jacob Atie,⁵ Washington A. Maciel,⁶ Carina Abigail Hardy,⁷ Alexander Romeno Janner Dal Forno,¹ Eduardo B. Saad,⁸ Claudio Munhoz,² Angelo Amato Vincenzo de Paola,⁹ Mauricio Scanavacca,⁷ Andre Zimerman,¹⁰ José Tarcísio Medeiros de Vasconcelos,¹¹ André d'Avila¹

Hospital SOS Cardio,¹ Florianópolis, SC – Brasil

Rede d'Or São Luiz Hospitais,² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Hospital Universitário Pedro Ernesto,³ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Hospital Vitoria,⁴ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Hospital Universitário Clementino Fraga Filho,⁵ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Clínica São Vicente – Rede D'Or,⁶ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo,⁷ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Samaritano,⁸ Botafogo, RJ – Brasil

Hospital São Paulo, Escola Paulista de Medicina,⁹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Moinhos de Vento,¹⁰ Porto Alegre, RS – Brasil

Hospital Beneficência Portuguesa,¹¹ São Paulo, SP – Brasil

Resumo

Fundamento: A ablação por campo pulsado (PFA), uma nova técnica de ablação por cateter não térmica, aumenta a segurança e a eficácia da ablação de fibrilação atrial (FA) em comparação com métodos térmicos convencionais. Embora amplamente adotada na Europa e nos Estados Unidos, sua aplicação no Brasil é recente e ainda não documentada.

Objetivo: Este estudo relata a experiência inicial brasileira com a PFA para tratar pacientes com FA, enfatizando sua rápida adoção e curta curva de aprendizado.

Métodos: Uma análise retrospectiva de 394 procedimentos consecutivos realizados por 60 operadores em diversos centros brasileiros foi conduzida. Os dados englobaram a demografia dos pacientes, métricas dos procedimentos, a associação dos métodos de imagem utilizados e os resultados da ablação. Uma subanálise comparou operadores de alto volume (n=139 procedimentos) com os demais (n=255). O nível de significância adotado para as análises estatísticas foi $p < 0,05$.

Resultados: O tipo de FA predominante foi a FA paroxística (62%), com isolamento das veias pulmonares (IVP) como o principal set de lesões em 54%. Anestesia geral foi quase universal (98%), e não houve complicações graves relatadas. Centros de alto volume apresentaram tempos de procedimento e ablação significativamente menores (82 ± 27 vs. 131 ± 76 minutos; $p < 0,001$ e 33 ± 14 vs. 50 ± 33 minutos; $p < 0,001$, respectivamente), além de aplicarem menos lesões adicionais após remapeamento (7% vs. 30%; $p < 0,001$), sugerindo uma rápida curva de aprendizado.

Conclusão: A PFA demonstra alta eficácia aguda, segurança e facilidade de adoção no Brasil, com uma curva de aprendizado notavelmente curta, conforme evidenciado pela eficiência dos operadores de alto volume. Estudos de desfechos a longo prazo são necessários.

Palavras-chave: Fibrilação Atrial; Ablação por Cateter; Brasil.

Abstract

Background: Pulsed field ablation (PFA), a new catheter-based, non-thermal ablation technique, enhances the safety and efficacy of catheter ablation of atrial fibrillation (AF) compared to conventional thermal methods. While widely adopted in Europe and the United States, its application in Brazil is recent and remains undocumented.

Correspondência: André d'Avila •

Rodovia, SC-401, 121. CEP 88030-000, Itacorubi, Florianópolis, SC – Brasil

Email: adavila@bidmc.harvard.edu

Artigo recebido em 11/06/2025, revisado em 07/10/2025, aceito em 05/11/2025

Editor responsável pela revisão: Gláucia Maria Moraes de Oliveira

DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20250416>

Objective: This study reports the initial multicenter Brazilian experience with the pulse field ablation to treat patients with AF, emphasizing its rapid adoption and short learning curve.

Methods: A retrospective analysis of 394 consecutive procedures, performed by 60 operators across multiple Brazilian centers, was conducted. Data encompassed patient demographics, procedural metrics, imaging modalities, and ablation outcomes. A sub-analysis compared high-volume operators ($n=139$ procedures) with others ($n=255$). All statistical tests were two-tailed, with a p -value threshold of <0.05 for statistical significance.

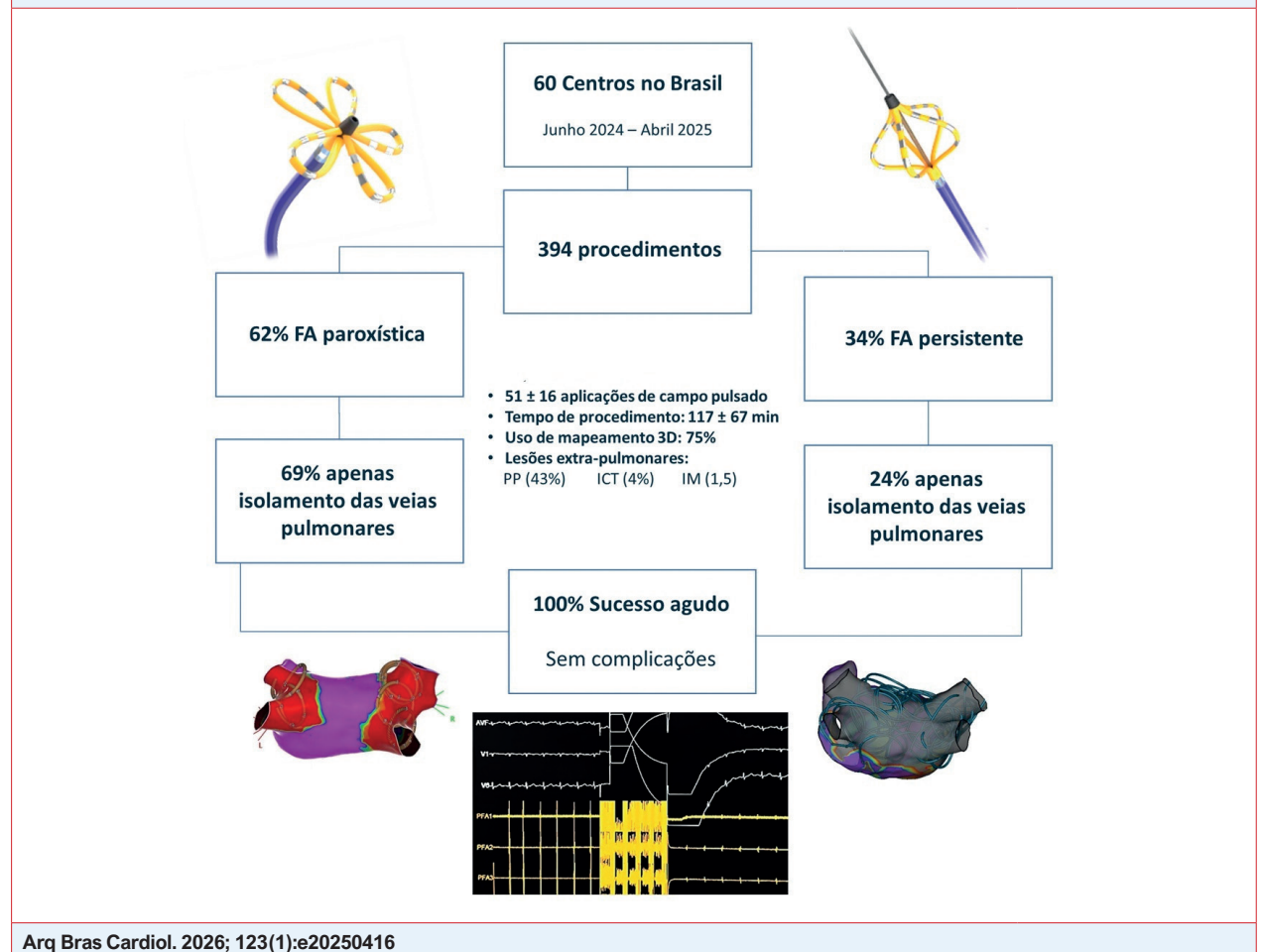
Results: Paroxysmal AF was predominant (62%), with pulmonary vein isolation (PVI) only as the primary lesion set in 54%. General anesthesia was near-universal (98%), and no major complications occurred. High-volume centers had significantly shorter procedure and ablation times (82 ± 27 vs. 131 ± 76 minutes; $p<0.001$ and 33 ± 14 vs. 50 ± 33 minutes; $p<0.001$, respectively), alongside fewer additional lesions after remapping (7% vs. 30%; $p<0.001$), suggesting a rapid learning curve.

Conclusion: Pulsed field ablation demonstrates high acute efficacy, safety, and ease of adoption in Brazil, with a notably short learning curve, as evidenced by the efficiency of high-volume operators. Long-term outcome studies are warranted.

Keywords: Atrial Fibrillation; Catheter Ablation; Brazil.

Full texts in English - <https://abccardiol.org/en/>

Figura Central: Ablação por Campo Pulsado para Fibrilação Atrial: Experiência Multicêntrica Inicial no Brasil



O Registro Brasileiro de Ablação por campo pulsado resume 394 procedimentos de ablação realizados em 60 centros no Brasil de junho de 2024 a abril de 2025. Mapas tridimensionais mostram o isolamento das veias pulmonares (lado esquerdo – Carto) e o isolamento adicional da parede posterior (lado direito – Navx) alcançados com esta tecnologia. Registros intracavitários (parte inferior da figura) demonstram a entrega dos pulsos, com atividade elétrica em tempo real registrada dentro de uma veia pulmonar (sinais laranja) desaparecendo após a ablação. ICT: istmo cavotricuspidéu; IM: istmo mitral; PP: parede posterior.

Introdução

A ablação por campo pulsado (PFA) representa um avanço transformador no manejo da fibrilação atrial (FA). Essa técnica não térmica, baseada em cateter, utiliza pulsos elétricos ultrarrápidos para causar eletroporação irreversível em miócitos, visando seletivamente o tecido cardíaco. Ao evitar a energia térmica, essa tecnologia elimina complicações raras, mas graves, da ablação tradicional, como fístula atrofesofágica, paralisia do nervo frênico permanente e estenose da veia pulmonar, além de melhorar a eficácia do procedimento.¹ O registro MANIFEST-PF, o maior estudo multicêntrico europeu, relatou uma curva de sobrevida livre de FA de 78% após um único procedimento, com maior eficácia na FA paroxística (82%) do que na FA persistente (71%) e um tempo médio de procedimento de 61 minutos.² Outros ensaios clínicos validaram ainda mais a eficácia e segurança da PFA.^{3,4}

No Brasil, estima-se que a FA impacte aproximadamente 5 milhões de indivíduos, com uma incidência crescente devido ao envelhecimento da população e ao aumento de fatores de risco associados, como hipertensão e diabetes.⁵ No entanto, o acesso à ablação por cateter continua restrito, particularmente em regiões além dos grandes centros urbanos, devido ao alto custo, à escassez de instituições especializadas em eletrofisiologia e à formação inadequada de operadores em técnicas avançadas de ablação. A aprovação do primeiro sistema de PFA pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em abril de 2024 pode representar uma mudança para potencialmente enfrentar esses desafios.

Embora amplamente adotada em todo o mundo, o uso da tecnologia no Brasil é recente e permanece não documentado. Devido a variações na infraestrutura de saúde, disparidades na experiência dos operadores e uma população de pacientes com um maior número de comorbidades devido a fatores socioeconômicos,⁶ a utilização da PFA no Brasil pode divergir dos Estados Unidos, Ásia e Europa em relação a fluxo de trabalho e resultados a longo prazo. Este estudo descreve os primeiros 394 procedimentos de PFA realizados no Brasil.

Métodos

Este registro voluntário e prospectivo derivou de 394 procedimentos consecutivos realizados entre 18 de junho de 2024 e 29 de abril de 2025 por 60 operadores participantes. Foram analisados dados demográficos dos pacientes, tipo de FA, métricas do procedimento, modalidades de imagem associada, número de aplicações de campo pulsado, set de lesões e se lesões adicionais foram necessárias após remapeamento pós-ablação. Todos os dados foram armazenados de forma anônima, incluindo identificação de pacientes e operadores. O tempo total do procedimento foi definido como a duração desde o acesso vascular até a remoção do cateter e o tempo de ablação desde a primeira até a última aplicação do campo pulsado. Além disso, o uso de sistemas de mapeamento eletroanatômico (EAM) e ecocardiografia intracardiaca (ICE), associado ou não ao uso da fluoroscopia, também foi analisado. Uma análise secundária comparando os 3 operadores de maior volume (Grupo I = 139 pacientes – 35%) com o restante (Grupo II =

255 pacientes – 65%) foi realizada para avaliar o impacto da curva de aprendizado com essa nova abordagem.

Cateter, bainha e gerador de ablação para ablação por campo pulsado

O cateter de ablação é um cateter “over-the-wire” que consiste em 5 *splines* com 4 eletrodos cada (12F), com uma ponta distal versátil capaz de adotar 3 configurações: uma forma de “cesta”, uma de “flor” e uma de “oliva”. Essas configurações facilitam a adaptação a uma ampla variedade de anatomias das veias pulmonares, garantindo contato ótimo com o tecido e reprodutibilidade do procedimento em diferentes populações. O design do cateter suporta a avaliação de eletrogramas bipolares *intra-spline* e permite a integração com vários sistemas de mapeamento cardíaco para fornecer visualização em tempo real do posicionamento, forma e rotação do cateter.

Por meio de uma abordagem transeptal, uma bainha bidirecional com 180 graus de articulação é utilizada para navegar o cateter de ablação até o alvo (externo = 16,8F e interno = 13F). A bainha requer uma infusão constante de solução salina heparinizada para prevenir a formação de trombos e embolia gasosa. O cateter é compatível com um gerador de ablação, que entrega pulsos de onda bipolares e bifásicos (Figura 1).

Financiamento

A pesquisa foi conduzida de acordo com a Declaração de Helsínki, independentemente de financiamento ou apoio financeiro de quaisquer entidades. Nenhum relacionamento financeiro, pessoal ou profissional existe que possa ser percebido como influência na pesquisa, análise ou interpretação dos achados apresentados neste estudo. Os dois primeiros autores prepararam o manuscrito. Os autores garantem a precisão e fidelidade dos dados. Todos os pacientes assinaram um Termo de Consentimento no momento da admissão hospitalar, que inclui uma cláusula clara e específica permitindo o compartilhamento de seus dados pessoais para pesquisa clínica, desde que os dados sejam compartilhados de forma anônima de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD - Lei nº 13.709/2018). O estudo foi aprovado pelo Centro de Ensino e Pesquisa do Instituto de Cardiologia de Santa Catarina (CEP # 113) e registrado na Plataforma Brasil sob o número CAAE: 89229325.1.0000.0113.

Análise estatística

A análise estatística empregou uma abordagem descritiva. A normalidade dos dados foi avaliada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Todas as variáveis contínuas apresentaram distribuição normal e foram reportadas como médias $\pm$ desvios padrão (DP). Variáveis categóricas foram apresentadas como frequências e porcentagens. Análises comparativas foram conduzidas utilizando o teste t de Student não pareado para variáveis contínuas e o teste do Qui-quadrado para variáveis categóricas. Todos os testes estatísticos foram bilaterais, com um limite de $p < 0,05$ para significância estatística. A análise dos dados foi realizada utilizando o software SPSS (versão 29.0).

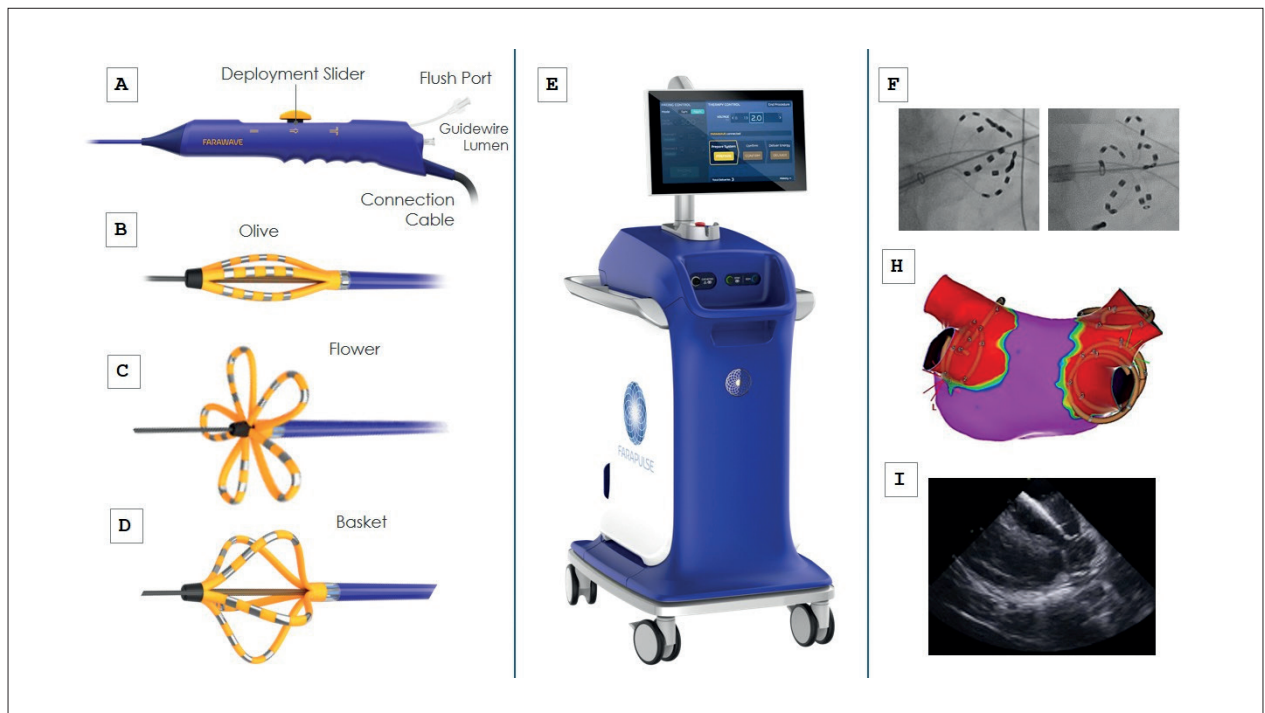


Figura 1 – O Sistema de Ablação por Campo Pulsado (FARAPULSE™ - Boston Scientific, Natick, EUA) possui um cateter irrigado de 12F, over-the-wire (FARAWAVE™ - Painel A) com uma matriz de eletrodos versátil que pode assumir a forma de oliva (painel B), flor (painel C) ou cesta (painel D) para se adaptar aos óstios das veias pulmonares. O cateter é guiado ao átrio esquerdo através de uma punção transseptal usando uma bainha direcionável de 16,8F (FARADRIVE™). O sistema entrega pulsos elétricos na escala de microssegundos (1,5–2 kV) em uma forma de onda bifásica controlada, gerada pelo Gerador de Ablação FARASTAR™ (painel E). Cada aplicação consiste em uma série de pulsos com 5 pulsos individuais, cada um durando 50–100 microssegundos, entregues dentro de uma janela de 100–200 milissegundos. Tipicamente, de 4 a 8 aplicações por veia pulmonar asseguram o isolamento completo, com o design do cateter criando lesões transmuralis precisas e duráveis. Este processo induz a eletroporação, formando seletivamente poros permanentes nas membranas dos cardiomiócitos, o que resulta na morte celular por apoptose e isolamento elétrico das 4 veias (painel G). O cateter de ablação pode ser visualizado por fluoroscopia (painel F), no EAM (painel G) e por ICE (painel H).

A metodologia estatística para analisar a curva de aprendizado dos procedimentos de PFA excluiu entradas com dados ausentes, avaliando tempo total de procedimento e de ablação, e aproximou a experiência do operador pelo número de procedimentos, categorizando também a complexidade do caso como “Baixa” (FA paroxística) ou “Alta” (FA persistente/repetida). Um modelo de regressão logarítmica foi ajustado ao tempo total do procedimento em relação ao número de procedimentos para cada operador, capturando melhorias rápidas iniciais e ganhos mais lentos à medida que a experiência aumentava. Reduções médias de tempo e pontos de platô foram calculados. A variabilidade foi avaliada por meio de desvios padrão, comparações de complexidade de casos e correlação. A metodologia assume um padrão de aprendizado em lei de potência e procedimentos independentes, com limitações incluindo lacunas de dados para operadores de baixo volume e categorização simplificada de complexidade.

Resultados

Todos os resultados estão detalhados na Tabela 1. A idade média foi de 65 ± 12 anos e 64% da coorte eram do sexo masculino. A FA paroxística foi a principal indicação

62% seguida pela FA persistente em 34% dos pacientes. O isolamento das veias pulmonares (IVP) foi o set de lesões predominante exigindo 44 ± 10 aplicações de campo pulsado e um tempo de ablação de 37 ± 16 minutos. O isolamento da parede posterior (PP) foi realizado em 168 pacientes (43%) durante o procedimento inicial ou em procedimento redo (pós recorrência) com 58 ± 15 aplicações e 45 ± 28 minutos de ablação.

Anestesia geral foi utilizada em todos, exceto em 8 casos (sedação profunda). O tempo total médio do procedimento foi de 113 ± 67 minutos e o tempo de ablação foi de 44 ± 29 minutos. A fluoroscopia foi utilizada na maioria dos procedimentos e 47 procedimentos (22%) foram exclusivamente guiados por fluoroscopia (tempo médio: 25 ± 10 minutos). Uma combinação de EAM e ICE foi utilizada em 92 procedimentos (25%), enquanto EAM sem ICE foi utilizado em 184 casos (50%). A ecocardiografia transesofágica foi utilizada em cerca de 30% dos procedimentos para guiar a punção transeptal ou auxiliar no posicionamento do cateter ao redor das veias pulmonares, conforme relatado pelo operador, embora seu uso não tenha sido documentado consistentemente.

Tabela 1 – Características Clínicas dos Pacientes e dos Procedimentos de Ablação

Característica	Valor
Número de procedimentos / Centros	394 / 60
Idade (anos, média ± DP)	65 ± 12
Homens, n (%)	252 (64)
Anestesia geral, n (%)	386 (98)
Tipo de fibrilação atrial, n (%)	
Paroxística	244 (62)
Persistente	136 (34)
Redo	14 (4)
Tempo total do procedimento (min ± DP)	
Isolamento de veias pulmonares	100 ± 41
IVP + isolamento de parede posterior	117 ± 87
Tempo de ablação (min ± DP)	
Isolamento de veias pulmonares	37 ± 16
IVP + isolamento de parede posterior	45 ± 28
Número de aplicações (n ± DP)	51 ± 16
Métodos de imagem, n (%) ¹	
Apenas fluoroscopia	84 (22)
Fluoroscopia + EAM	184 (50)
Fluoroscopia + EAM/ICE (%)	92 (25)
Fluoroscopia + ICE (%)	8 (3)
Set de lesões, n (%)	
Isolamento de veias pulmonares	212 (54)
IVP + isolamento de parede posterior	168 (43)
Lesões adicionais pós remapeamento ²	72 (26)
Complicações	Não relatadas

¹Entre pacientes com dados válidos (n = 372). ²Entre pacientes que utilizaram mapeamento (n = 276). Valores são n (%) ou média ± DP. Min: minutos; IVP: isolamento de veias pulmonares; EAM: mapeamento eletroanatômico; ICE: ecocardiograma intracardiaco.

Procedimentos sem fluoroscopia foram realizados em 47 (12%) pacientes. Os procedimentos sem fluoroscopia apresentaram um número significativamente maior de aplicações (74 ± 22 vs. 48 ± 12, p < 0,001), tempos de ablação e de procedimento total mais longos (53 ± 14 vs. 40 ± 25 minutos, p = 0,002 e 145 ± 37 vs. 106 ± 67 minutos, p < 0,001, respectivamente) em comparação com procedimentos utilizando fluoroscopia.

O remapeamento foi realizado em todos os pacientes em que o EAM foi utilizado para guiar o procedimento e aplicações adicionais de campo pulsado foram consideradas necessárias em 26% deles, a critério do operador.

Aplicações de campo pulsado também foram utilizadas para ablação do istmo cavotricuspídeo em 16 pacientes (4%) e do istmo mitral em 6 pacientes (1,5%). A ablação também foi realizada em 14 pacientes que já tinham sido submetidos a ablação por radiofrequência previamente (4%). Nenhuma complicação maior foi relatada durante esta série inicial.

Um resumo dos achados principais do estudo está na Figura Central.

Análise secundária

Uma análise secundária comparando os 3 operadores de maior volume (Grupo I = 139 pacientes – 35%) com o restante do Grupo II (255 pacientes – 65%) foi realizada para avaliar o impacto da curva de aprendizado com essa nova abordagem (Figura 2).

Houve uma maior prevalência de sexo masculino no Grupo I (Operadores de alto volume), mas nenhuma diferença na idade ou tipo de FA. O tempo total do procedimento, o tempo de ablação e o número de aplicações de PFA foram significativamente menores no Grupo I em comparação ao Grupo II (Tabela 2). Além disso, o Grupo I apresentou um tempo de fluoroscopia reduzido e necessitou de um menor número de aplicações adicionais após remapeamento.

Curva de aprendizado

A análise da curva de aprendizado para procedimentos de PFA com base em um conjunto de dados de 125 procedimentos avaliou o tempo total do procedimento e o tempo de ablação, considerando a experiência do operador, a complexidade do caso e o volume de procedimentos. Um modelo de regressão logística quantificou a curva de aprendizado, mostrando um declínio acentuado no tempo

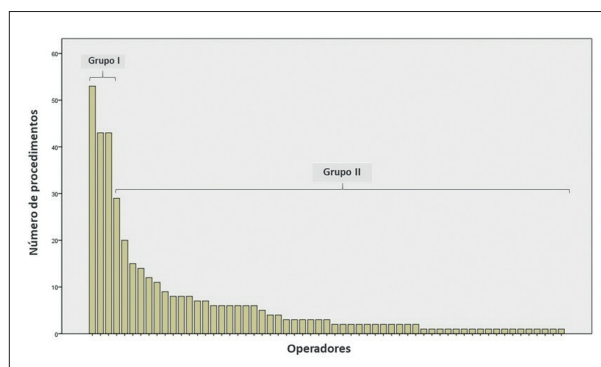


Figura 2 – Distribuição dos procedimentos por operador. O eixo x representa os operadores, enquanto o eixo y indica o número total de procedimentos realizados. O Grupo I (à esquerda) inclui centros com maior número de procedimentos, indicando operadores de alto volume. O Grupo II (à direita) inclui centros com menos procedimentos, a maioria abaixo de 10, refletindo operadores de baixo volume.

de procedimento nas primeiras 5–10 intervenções, com a maioria dos operadores alcançando um platô após 10–15 intervenções, onde as reduções de tempo caíram para menos de 5%. As reduções médias de tempo variaram de 5 a 10 minutos por caso para operadores de alto volume. O tempo total do procedimento variou de 42 a 240 minutos (mediana de 90 minutos), e o tempo de ablação de 11 a 180 minutos (mediana de 34 minutos), com casos de FA persistente exigindo tempos mais longos (média de 105 minutos versus 80 minutos para FA paroxística).

Discussão

O primeiro registro multicêntrico brasileiro, prospectivo e voluntário de 394 procedimentos consecutivos de PFA para FA mostra alta eficácia aguda, em linha com vários estudos internacionais. Nenhuma complicação maior foi relatada em nossa série, o que pode ser atribuído ao pequeno tamanho de amostra e à natureza voluntária do registro. No entanto, esses resultados são semelhantes ao PULSED AF (0,7%) e superam os ensaios MANIFEST-PF/ADVENT (2,1%).^{2,3,7} Os tempos totais de procedimento e de ablação foram mais longos do que no MANIFEST-PF, mas comparáveis ao ADVENT (106 minutos no total, 29 minutos de ablação) e SPHERE AF (101 minutos no total, 46 minutos de ablação).^{2,3,8}

Operadores de alto volume demonstraram tempos de procedimento e de ablação significativamente mais curtos, com menos lesões adicionais, consistente com os achados de registros europeus e americanos.⁹ Uma curva de aprendizado acentuada sugere uma integração fluida e eficiente dessa nova tecnologia na prática clínica no Brasil.

Anestesia geral

Apesar da viabilidade de realizar o procedimento sob sedação profunda, o uso quase universal de anestesia geral neste registro também merece consideração. A anestesia geral garante a imobilidade do paciente, o que é crítico para o posicionamento preciso do cateter, estabilidade e entrega da lesão.¹⁰ Facilita o uso de ecocardiograma e sistemas de mapeamento, minimizando artefatos de movimento do paciente e aumenta o conforto do operador durante procedimentos complexos ou prolongados. Além disso, a anestesia geral garante conforto ao paciente, eliminando o risco de dor ou consciência durante a ablação, que pode ocorrer com sedação inadequada. A anestesia geral também foi associada a melhores resultados a longo prazo na ablação por cateter por radiofrequência da FA.¹¹ No entanto, a anestesia geral tem desvantagens notáveis, incluindo custos mais altos devido à necessidade de equipamentos especializados, aumento do tempo do procedimento para indução e recuperação, riscos potenciais, como complicações na via aérea e tempo de recuperação prolongado em pacientes com comorbidades. Em contraste, a sedação profunda pode reduzir custos e tempo de procedimento, evitando riscos relacionados à anestesia, mas enfrenta o desafio de manter uma profundidade de sedação consistente, o que pode levar a movimentos ou desconforto do paciente, comprometendo potencialmente a precisão do procedimento. A preferência pela anestesia geral no Brasil pode refletir a disponibilidade

Tabela 2 – Comparação entre operadores de alto e baixo volume

Variáveis	Grupo I (n=139)	Grupo II (n=255)	Valor p
Idade (n ± DP)	66 ± 11	64 ± 14	0,29
Homens (%)	64	50	<0,001
FA paroxística (%)	62	61	0,24
Tempo Total de Procedimento (min ± DP)	82 ± 27	131 ± 76	<0,001
Tempo de ablação (min ± DP)	33 ± 14	50 ± 33	<0,001
Tempo de fluoroscopia (min ± DP)	23 ± 9	31 ± 18	<0,001
Lesões adicionais pós remapeamento (%)	7	30	<0,001
Número de aplicações (n ± DP)	48 ± 10	53 ± 19	0,005

Grupo I: Grupo com maior volume de procedimentos de acordo com a Figura 2. Valores são % ou média ± DP. FA: fibrilação atrial; Min: minutos.

de expertise em anestesiologia em centros urbanos e uma abordagem cautelosa na adoção de uma tecnologia nova como a PFA, onde a precisão é primordial. Essa prática difere de alguns contextos internacionais, especialmente na Europa,² onde a sedação profunda é mais comum (82%).

Ablação sem fluoroscopia

Apenas 47 (12%) dos procedimentos foram realizados sem fluoroscopia em nossa coorte. Uma ablação típica de FA usando fluoroscopia entrega aproximadamente 15 mSv de radiação, comparável a 5–7 anos de radiação de fundo natural de cerca de 2–3 mSv anualmente. A ablação sem o uso de fluoroscopia elimina a exposição à radiação, ao mesmo tempo em que mantém taxas de durabilidade das lesões e de complicações comparáveis às dos procedimentos que utilizam fluoroscopia como guia.¹² A precisão do EAM e do ICE melhora a navegação do cateter e a precisão da lesão, superando a velocidade e familiaridade da fluoroscopia, mas requer expertise específica do operador. Embora a fluoroscopia pareça permitir procedimentos mais rápidos e menos entregas de energia, seus riscos de radiação tornam os procedimentos sem fluoroscopia uma escolha mais segura e avançada, priorizando a saúde a longo prazo em detrimento da brevidade do procedimento. No entanto, nenhum ensaio clínico randomizado ainda comparou diretamente a PFA sem fluoroscopia à guiada por fluoroscopia.

Ecocardiograma intracardiaco na ablação

O uso de ICE introduz considerações de custo significativas, com cateteres de ICE de uso único custando aproximadamente US\$ 1.500–US\$ 3.000 por procedimento, além do custo

de capital do equipamento de ultrassom. No Brasil, onde os recursos de saúde são frequentemente limitados, especialmente em centros não urbanos, esses custos podem restringir a adoção de ICE, potencialmente explicando por que apenas 25% dos procedimentos na nossa coorte utilizaram essa tecnologia. Notavelmente, o ICE também não é rotineiramente utilizado em muitos países europeus, onde fluoroscopia e sistemas de EAM dominam devido a restrições de custo e fluxos de trabalho estabelecidos.^{9,13} No entanto, o uso de ICE durante um procedimento de ablação de FA foi significativamente associado a uma menor incidência de complicações e necessidade de nova ablação,¹⁴ ressaltando a importância de realizar análises de custo-efetividade para justificar a aplicação dessa tecnologia em casos de PFA. A reutilização do cateter de ICE, como ocorre atualmente em todo o mundo, reduziria significativamente os custos no Brasil.

Centros de alto volume

Um ponto chave em nosso registro é a acentuada curva de aprendizado associada à adoção dessa tecnologia, particularmente evidente no desempenho de operadores de alto volume que alcançaram tempos de procedimento e de ablação significativamente mais curtos e uma menor taxa de lesões adicionais após remapeamento. Essas métricas sugerem eficiência e precisão aprimoradas do procedimento com o aumento da experiência, corroboradas por estudos externos que relatam redução dos tempos de procedimento em centros de alto volume e uma curva de aprendizado curta após 10 procedimentos.¹⁵

Análise comparativa da ablação por campo pulsado para fibrilação atrial em diferentes regiões

A ablação de FA por campo pulsado apresenta eficácia consistente na Europa, Estados Unidos, Brasil e Ásia, apesar das diferenças nas abordagens durante os procedimentos. O registro europeu MANIFEST-PF relatou uma taxa de sobrevida anual livre de recorrência de 78% em pacientes com FA, com uso limitado de ICE, EAM ou anestesia geral, indicando que a eficácia da PFA não depende fortemente dessas ferramentas. Em contraste, os centros dos EUA frequentemente empregam ICE e EAM para imagens detalhadas, como visto no ensaio ADVENT, cujo resultado demonstra uma taxa de sobrevida livre de eventos de 73% para o desfecho composto (arritmias atriais, uso de medicamentos antiarrítmicos, cardioversão ou nova ablação).

Os perfis de segurança também são robustos em todas as regiões. O registro EU-PORIA observou uma taxa de complicações de 3,6%, sem lesões esofágicas, estenose da veia pulmonar ou paralisia persistente do nervo frênico. O estudo MANIFEST-17K na Europa relatou complicações maiores em 1% de 17.642 pacientes, principalmente tamponamento pericárdico (0,36%) e eventos vasculares (0,30%). O ensaio ADVENT nos EUA atingiu seu objetivo de segurança, mas relatou uma morte devido à perfuração cardíaca, destacando a necessidade de operadores experientes.

No Brasil, 75% dos procedimentos de PFA utilizaram EAM, em comparação com 33% no registro EU-PORIA da Europa. O EAM foi utilizado na ablação da PP em 43% dos casos

brasileiros, possivelmente influenciando na decisão pelo seu isolamento em muitos casos, o que resultou em tempos de procedimento e de ablação mais longos. Tempos semelhantes aos de um registro asiático onde o uso de EAM (82%) e ICE (90%) resultou em uma taxa de sucesso de 88% em um ano.¹⁶ Os dados brasileiros revelaram uma taxa de 26% de lesões adicionais durante o remapeamento pós-ablação, sugerindo isolamento incompleto das veias pulmonares ou da PP. Dado que ressalta os riscos potenciais de confiar exclusivamente na fluoroscopia, especialmente em centros com baixo volume de procedimentos, o que pode levar a uma maior recorrência de FA devido a lesões subótimas.

Limitações

Este primeiro registro brasileiro de PFA apresenta várias limitações, incluindo a ausência de dados de acompanhamento a longo prazo sobre recorrência de FA e a variabilidade na experiência do operador e nos protocolos de cada centro. A submissão voluntária de dados introduz um potencial viés de seleção, uma vez que os operadores podem ter relatado apenas casos bem-sucedidos. Pesquisas futuras devem priorizar resultados longitudinais, análise de custo-efetividade de estratégias de imagem e anestesia, e a otimização do treinamento para reduzir a variabilidade entre os operadores.

Conclusão

O sistema de ablação por campo pulsado demonstra alta eficácia aguda, segurança e facilidade de adoção no Brasil, com uma curva de aprendizado notavelmente curta, como evidenciado pela eficiência superior dos operadores de alto volume. Esses achados posicionam essa tecnologia como uma nova ferramenta na ablação da FA, com potencial para melhorar os resultados dos pacientes e a escalabilidade do procedimento. Estudos a longo prazo são essenciais para confirmar os resultados a longo prazo e otimizar os protocolos clínicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Leticia Pires e Kalyne Chagas, da BSci Brasil, por suas contribuições essenciais para esta iniciativa.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: May BM, Araujo Junior N, Boghossian SHC, Atie J, Maciel WA, Hardy CA, Dal Forno ARJ, Saad EB, Munhoz C, de Paola AAV, Zimerman A, d'Avila A; Obtenção de dados e Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo: May BM, Araujo Junior N, Boghossian SHC, Atie J, Maciel WA, Hardy CA, Dal Forno ARJ, Saad EB, Munhoz C, de Paola AAV, Scanavacca M, Zimerman A, Vasconcelos JTM, d'Avila A; Análise e interpretação dos dados: May BM, Araujo Junior N, Dal Forno ARJ, Zimerman A, d'Avila A; Análise estatística: May BM, Araujo Junior N, Zimerman A, d'Avila A; Obtenção de financiamento: Araujo Junior N; Redação do manuscrito: May BM, Araujo Junior N, Dal Forno ARJ, d'Avila A.

Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Centro de Ensino e Pesquisa do Instituto de Cardiologia de Santa Catarina

(cep # 113) sob o número de protocolo CAAE: 89229325.1.0000.0113. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Chun KJ, Miklavčič D, Vlachos K, Bordignon S, Scherr D, Jais P, et al. State-of-the-Art Pulsed Field Ablation for Cardiac Arrhythmias: Ongoing Evolution and Future Perspective. *Europace*. 2024;26(6):euae134. doi: 10.1093/europace/euae134.
2. Turagam MK, Neuzil P, Schmidt B, Reichlin T, Neven K, Metzner A, et al. Safety and Effectiveness of Pulsed Field Ablation to Treat Atrial Fibrillation: One-Year Outcomes from the MANIFEST-PF Registry. *Circulation*. 2023;148(1):35-46. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.064959.
3. Reddy VY, Gerstenfeld EP, Natale A, Whang W, Cuoco FA, Patel C, et al. Pulsed Field or Conventional Thermal Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2023;389(18):1660-71. doi: 10.1056/NEJMoa2307291.
4. Reddy VY, Gerstenfeld EP, Schmidt B, Nair D, Natale A, Saliba W, et al. Pulsed Field Ablation for Persistent Atrial Fibrillation: 1-Year Results of ADVANTAGEAF. *J Am Coll Cardiol*. 2025;85(17):1664-78. doi: 10.1016/j.jacc.2025.03.515.
5. Oliveira GMM, Brant LCC, Polanczyk CA, Malta DC, Biolo A, Nascimento BR, et al. Cardiovascular Statistics - Brazil 2023. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(2):e20240079. doi: 10.36660/abc.20240079.
6. Keegan R, Aguinaga L, Fenelon G, Uribe W, Diez GR, Scanavacca M, et al. The first Latin American Catheter Ablation Registry. *Europace*. 2015;17(5):794-800. doi: 10.1093/europace/euu322.
7. Verma A, Haines DE, Boersma LV, Sood N, Natale A, Marchlinski FE, et al. Pulsed Field Ablation for the Treatment of Atrial Fibrillation: PULSED AF Pivotal Trial. *Circulation*. 2023;147(19):1422-32. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.063988.
8. Anter E, Mansour M, Nair DC, Sharma D, Taigen TL, Neuzil P, et al. Dual-Energy Lattice-Tip Ablation System for Persistent Atrial Fibrillation: A Randomized Trial. *Nat Med*. 2024;30(8):2303-10. doi: 10.1038/s41591-024-03022-6.
9. Schmidt B, Bordignon S, Neven K, Reichlin T, Blaauw Y, Hansen J, et al. European Real-World Outcomes with Pulsed Field Ablation in Patients with Symptomatic Atrial Fibrillation: Lessons from the Multi-Centre EU-PORIA Registry. *Europace*. 2023;25(7):euaad185. doi: 10.1093/europace/euaad185.
10. Kuno S, Nakano Y, Suzuki Y, Ando H, Suzuki W, Takahashi H, et al. Impact of General Anesthesia on Ablation Catheter Stability during Pulmonary Vein Isolation Based on a Novel Measurement Approach. *Sci Rep*. 2023;13(1):17204. doi: 10.1038/s41598-023-44450-7.
11. Di Biase L, Conti S, Mohanty P, Bai R, Sanchez J, Walton D, et al. General Anesthesia Reduces the Prevalence of Pulmonary Vein Reconnection during Repeat Ablation when Compared with Conscious Sedation: Results from a Randomized Study. *Heart Rhythm*. 2011;8(3):368-72. doi: 10.1016/j.hrthm.2010.10.043.
12. Huang HD, Abid QU, Ravi V, Sharma P, Larsen T, Krishnan K, et al. Meta-Analysis of Pulmonary Vein Isolation Ablation for Atrial Fibrillation Conventional vs Low- and Zero-Fluoroscopy Approaches. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2020;31(6):1403-12. doi: 10.1111/jce.14450.
13. Chaumont C, Laredo M, Thomas O, Maury P, Massoulié G, Defaye P, et al. Countrywide Introduction of Pulsed Field Ablation for the Treatment of Atrial Fibrillation: Acute Results from the FRANCE-PFA Registry. *Heart Rhythm O2*. 2025;6(7):911-9. doi: 10.1016/j.hroo.2025.04.005.
14. Pimentel RC, Rahai N, Maccioni S, Khanna R. Differences in Outcomes among Patients with Atrial Fibrillation Undergoing Catheter Ablation with versus without Intracardiac Echocardiography. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2022;33(9):2015-47. doi: 10.1111/jce.15599.
15. Bisignani A, Schiavone M, Solimene F, Russo AD, Filannino P, Magnocavallo M, et al. National Workflow Experience with Pulsed Field Ablation for Atrial Fibrillation: Learning Curve, Efficiency, and Safety. *J Interv Card Electrophysiol*. 2024;67(9):2127-36. doi: 10.1007/s10840-024-01835-6.
16. Tay JCK, Tarranza JL, Chia SY, Pung XM, Loo GJM, Teo HK, et al. Pulsed Field Ablation in Atrial Fibrillation: Initial Experience of the Efficacy and Safety in Pulmonary Vein Isolation and Beyond. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2024;11(11):356. doi: 10.3390/jcdd11110356.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons