



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
Graduação em Engenharia Biomédica

TAYANNE COSTA SILVA

**Elaboração de Procedimento Operacional Padrão de Manutenção
Preventiva para Máquina de Hemodiálise Fresenius 4008 S**

Uberlândia
2020

TAYANNE COSTA SILVA

Elaboração de Procedimento Operacional Padrão de Manutenção Preventiva para Máquina de Hemodiálise Fresenius 4008 S

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientadora: Profª Drª Selma Terezinha Milagre

Assinatura da Orientadora

Uberlândia
2020

Dedico este trabalho ao à minha família, por
todo estímulo, compreensão e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que guiou e iluminou todas as escolhas tomadas durante o período da graduação.

Aos meus pais Taize e Marcos, por todo o apoio, compreensão e presença em todas as etapas da minha vida, por serem meu exemplo de vida e meu conforto nos momentos difíceis, por acreditarem em mim desde o início e nunca terem desistido de mim, mesmo quando eu já havia desistido, se hoje estou aqui, é graças a vocês. A minha tia Renata, que é o motivo de tudo que faço nessa jornada chamada vida.

Aos meus amigos que tornaram a caminhada da graduação mais suportável, em especial à Larissa e Arielly que me acompanharam durante a maioria dos períodos, não me deixaram desistir e tornou o caminho mais leve e engraçado. Obrigada Larissa por ter me motivado nesses últimos meses a desenvolver e entender mais sobre esse tema, mesmo sem querer e por motivos ruins, mas ter sido uma inspiração não só para o meu TCC, mas para minha vida. Aos colegas de graduação pela paciência e ajuda durante todos os períodos.

Sou imensamente grata ao meu namorado, Gabriel, que me apoiou, me animou e não mediu esforços para me ajudar e muitas vezes foi minha inspiração para que esse trabalho fosse concluído.

Agradeço a Bioengenharia que fez tudo ser possível, pela disponibilização do espaço e profissionais. Em especial agradeço ao técnico André Luciano, que me ajudou desde o início com este trabalho, tornou este POP possível, não mediu esforços para que tudo desse certo e tirou muito do seu tempo para me dar todo auxílio necessário.

Agradeço a minha orientadora Selma Terezinha que acreditou, confiou e me ajudou na elaboração deste trabalho.

Por fim, a todos que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Introdução: A Doença Renal Crônica (DRC) corresponde à perda progressiva e irreversível da função dos rins, urinárias e endócrinas. Quando atinge a fase mais avançada é denominada de terminal e os rins não conseguem mais manter o controle do meio interno do paciente. Neste estágio as opções terapêuticas são os métodos de depuração artificial do sangue (diálise peritoneal ou hemodiálise) ou o transplante renal. No processo de hemodiálise utiliza-se nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs) as máquinas de hemodiálise que exercem a função de um rim artificial. Para manter esse EMA em condições adequadas de uso para pacientes e operadores e manter sua disponibilidade mais elevada possível existe uma manutenção preventiva (MP) programada para ser realizada anualmente no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU). Porém, apesar da complexidade e elevado número de detalhes dessa MP não existe ainda um Procedimento Operacional Padrão (POP) para a mesma. **Objetivo:** Assim o objetivo desse trabalho foi elaborar um POP para a realização da manutenção preventiva da máquina de hemodiálise modelo FRESenius 4008 S. **Materiais e Métodos:** A pesquisa para elaboração deste POP foi realizada no período de 16/09/2020 a 14/10/2020 no setor de Bioengenharia do HC-UFU. Foi feita uma pesquisa bibliográfica detalhada, leitura do manual e um minucioso estudo nos princípios de funcionamento do EMA. **Resultados e Discussão:** O POP foi elaborado contendo 29 atividades, entre elas Calibração da pressão arterial, Calibração de sensor de fuga de sangue, calibração da bomba de concentrado ácido e bomba de bicarbonato. Devido à alta demanda de serviços no setor de Engenharia Clínica e a redução atual de profissionais no setor, o POP foi testado por apenas um técnico do setor, que ajudou a melhorar todo o seu conteúdo. O maior obstáculo enfrentado na elaboração do POP foi deixar o guia de uma forma didática, clara e concreta, sem causar dúvidas de qualquer usufruidor do documento. Para que isso fosse possível, a ajuda do técnico responsável pela manutenção do EMA foi fundamental. **Conclusão:** Antes de implementar o POP, foi realizada uma série de boas práticas em Engenharia Clínica, começando inicialmente pela busca de informações para entender o princípio de funcionamento do equipamento, tornando-se então o ponto de início do projeto. Este trabalho trouxe aprendizados extremamente importantes, mostrar a importância de um POP para garantir a qualidade e segurança do equipamento, além de uma padronização do serviço. Conclui-se então, que este trabalho contribuirá com a execução dos serviços que a Bioengenharia presta ao HC-UFU.

ABSTRACT

Introduction: Chronic Kidney Disease (CKD) corresponds to the progressive and irreversible loss of kidney, urinary and endocrine function. When it reaches the most advanced stage it is called the terminal and the kidneys are no longer able to maintain control of the patient's internal environment. At this stage the therapeutic options are the methods of artificial blood clearance (peritoneal dialysis or hemodialysis) or kidney transplantation. In the hemodialysis process, hemodialysis machines that perform the function of an artificial kidney are used in Health Assistance Establishments (EASs). In order to maintain this EMA in proper conditions of use for patients and operators and to maintain its highest possible availability, there is a preventive maintenance (PM) scheduled to be performed annually at the Hospital de Clínicas, Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU). However, despite the complexity and high number of details of this MP, there is still no Standard Operating Procedure (SOP) for it. **Objective:** Thus, the objective of this work was to elaborate a SOP for the preventive maintenance of the hemodialysis machine model FRESSENIUS 4008 S.

Materials and Methods: The research to perform this SOP was carried out from 09/16/2020 to 10/14 / 2020 in the Bioengineering sector at HC-UFU. A detailed bibliographic search, reading of the manual and a thorough study of the EMA's operating principles were carried out. The preventive maintenance process was also monitored in the Bioengineering Clinical Engineering sector. **Results and Discussion:** The POP was prepared containing 29 activities, among them Calibration of blood pressure, Calibration of blood leakage sensor, calibration of the acid concentrate pump and bicarbonate pump. Due to the high demand for services in the Clinical Engineering sector and the current reduction of professionals in the sector, POP was tested by only one technician in the sector, who helped to improve all its content. The biggest obstacle faced in the elaboration of the SOP was to leave the guide in a didactic, clear and concrete way, without causing doubts to any user of the document. For this to be possible, the help of the technician responsible for maintaining the EMA was essential.

Conclusion: Before implementing the SOP, a series of good practices in Clinical Engineering was carried out, starting initially with the search for information to understand the principle of operation of the equipment, becoming then the starting point of the project. This work brought extremely important learnings, made it possible to understand the great importance of preventive hospital equipment, as well as showing the importance of a POP to guarantee the quality and safety of the equipment, in addition to a standardization of the service. It is concluded, then, that this work will contribute to the execution of the services that Bioengineering provides to HC-UFU.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Circuito do Sangue	23
Figura 2.2 – Circuito da Diálise	24
Figura 2.3 – Ultrafiltração baseada no sensor de fluxo	25
Figura 2.4 – Monitor de vazamento de sangue	25
Figura 2.5 – Principais partes da máquina de Hemodiálise	26
Figura 2.6 – Estrutura do Filtro dialisador	27
Figura 2.7– Purificação de sangue no dialisador	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

C – Celsius

Cm – centímetros

DRC – Doença renal crônica

D/DOQI – *Kidney Disease Outcomes Quality Initiative*

EAS – Estabelecimentos assistenciais de saúde

EMAs – Equipamentos médicos – assistenciais

FFR – Falência funcional renal

HC-UFU – Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia

HD – Hemodiálise

IRC – Insuficiência renal crônica

MC – Manutenção Corretiva

ML/MIN – mililitro/minuto

MmHg – milímetros de mercúrio

MP – Manutenção Preventiva

MV – modulo venoso

OCM – online clears mensure

PA – pressão arterial

POP - Procedimento Operacional Padrão

RFG – Ritmo de Filtração Glomerular

SUS - Sistema Único de Saúde

TMP – Pressão transmembrana

TRS – Terapia Renal Substitutiva

T1 – Auto teste

UF – Ultrafiltração

V – volts

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivo Geral	13
1.3 Objetivos específicos.....	13
2 DESENVOLVIMENTO	14
2.1 Fundamentação Teórica	14
2.1.1 HC-UFU [14]	14
2.1.2 Bioengenharia.....	14
2.1.3 Engenharia Clínica	15
2.1.4 Manutenções em Equipamentos Médico-Assistenciais.....	15
2.1.4.1 Manutenção preventiva e Manutenção Corretiva	16
2.1.5 Procedimento Operacional Padrão	18
2.1.6 Princípio de funcionamento da Máquina de Hemodiálise.....	19
2.1.6.1 O Circuito do Sangue [32]	20
2.1.6.2 O circuito de diálise [32]	21
2.1.6.3 Monitoramento das Pressões [32].....	22
2.1.7 Equipamento Máquina de Hemodiálise Fresenius 4008 S	24
2.1.7.1 Informações gerais do equipamento.....	24
2.1.7.2 Principais partes do equipamento.....	24
2.1.7.3 Dialisador [33]	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Calibração da Pressão arterial (PA)	27
3.2 Calibração da taxa de Bomba de Sangue	27
3.3 Calibração do módulo venoso (MV)	28
3.4 Calibração da bomba do fluxo de 300 ml/min, 500 ml/min e 800 ml/min.....	28
3.5 Calibração das Bombas de Concentrado ácido e Bomba de Bicarbonato	28
3.6 Calibração das pressões dos pontos A, B, C e D	28
3.7 Calibração da Bomba de UltraFiltração (UF)	28
3.8 Calibração de Sensor de Sangue	29
3.9 Calibração da pressão transmembrânica (TMP)	29
3.10 Calibração da temperatura	29
3.11 Calibração da condutividade	29
3.12 Calibração da OCM.....	29
3.13 Teste do CLAMP VENOSO.....	30
3.14 Calibração do BIBAG	30
3.15 Calibração do Detector óptico	30
3.16 Calibração de nível (cata bolhas)	30
3.17 Teste T1 (auto teste).....	31
3.18 Segurança elétrica.....	31
4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO	31

5. CONCLUSÃO	SUMÁRIO	35
REFERÊNCIAS.....		36
Anexo A – Especificações Técnicas do Equipamento (FRESENIUS).....		40
Aprendice A		43

1. INTRODUÇÃO

O número de pacientes com doença renal crônica (DRC) vem crescendo mundialmente em uma escala alarmante. A gravidade do problema é tão alta, que tem levado autoridades médicas a crer que as DRCs podem ser consideradas como um problema de saúde pública. No Brasil, as DRCs ganham mais atenção quase que exclusivamente quando estão em seu estágio mais avançado, ou seja, quando já se faz necessário a realização de terapias renais substitutivas [1].

Os rins são órgãos fundamentais para manter o meio interno no corpo, conhecido como líquido intersticial que são os fluidos que circulam pelas nossas células, em equilíbrio constante, independente do que ocorra no ambiente externo do nosso corpo. Quando há uma diminuição significativa do ritmo de filtração glomerular (RFG) encontrada na doença renal crônica (DRC), todos os outros órgãos do organismo têm uma consequência negativa. Quando o RFG sofre uma grande queda, normalmente menor que 15 ml/min, acontece o que é chamado de falência funcional renal (FFR), sendo um estágio mais avançado da contínua perda funcional contínua vista na DRC [1].

A DRC foi definida pela *National Kidney Foundation* (NKF), no seu documento *Kidney Disease Outcomes Quality Initiative* (D/DOQI), fundamentada por dois critérios [2]:

- 1- Contusão presente por um espaço de tempo igual ou maior a 3 meses;
- 2- RFG superior a 60 ml/min/1,73 m².

A Insuficiência Renal Crônica (IRC) equivale a uma perda contínua e irreversível da função renal, de forma que em suas fases avançadas os rins não conseguem mais normalizar o meio interno do paciente [3][4], já que nesses casos o rim não realiza sua verdadeira função filtradora, ou seja, retirar do sangue a uréia e a creatinina que nele chega, além de ter ação direta em outras funções do organismo, como por exemplo a produção de vitamina D [5].

Embora não exista cura para a DRC e IRC, existem terapias disponíveis para que haja o controle de ambas, como por exemplo a hemodiálise, que é a terapia mais utilizada e comum entre os pacientes [6], apesar de ser extremamente invasiva, exigir muito do paciente e ser de alto custo.

A hemodiálise (HD) é considerada a terapia substitutiva da função renal mais comum em pacientes com doença renal crônica, entretanto é uma terapia que exige muito do paciente e que possui um alto custo. Os pacientes que passam por essa terapia sofrem uma ampla gama de estressores que afetam sua vida diária, como por exemplo, perda de seu tempo pessoal em sessões de HD, uma grande incerteza sobre o resultado

dessa terapia, além de uma longa espera por transplante renal e talvez o principal estresse seja a dependência da máquina e dos profissionais de saúde. [6].

Para a realização da hemodiálise existe um equipamento médico-assistencial (EMA) específico, que exerce a função de um rim artificial, ou seja, ele bombeia o sangue do paciente por meio de um dialisador [7]. O dialisador consiste em um filtro artificial, que contém fibras finas, ocas e com poros microscópicos na parede, conhecidas por membrana semipermeável para diálise, essa membrana é conhecida por separar o sangue e o dialisato (solução de diálise) um do outro, permitindo a transferência de soluto e água [8].

Assim, a função principal da máquina de hemodiálise é transportar o sangue do paciente através do acesso, até o dialisador. Dentro do dialisador, o sangue irá fluir através das fibras finas que filtraram os resíduos e logo depois o sangue já filtrado será retornado ao corpo do paciente [9]

A máquina HD, é composta por vários detectores, controladores, monitores e dispositivos de segurança, que garante a total segurança do paciente [7].

Pacientes que passam pela hemodiálise sofrem de um grande estresse que atinge diretamente sua vida diária, como por exemplo, os pacientes “perdem” um grande tempo pessoal nas sessões de hemodiálise que costumam ter duração de 3 a 4 horas, 3 dias da semana, além de não ter certeza alguma sobre resultados positivos. Os pacientes perdem seus papéis profissionais anteriores ao tratamento, além da grande expectativa do transplante de rins [10].

Estudos apontam que o Brasil tem o terceiro contingente de pacientes em tratamento de hemodiálise no mundo [11].

O censo brasileiro de diálise da Sociedade Brasileira de Nefrologia de 2018, trouxe a informação que existem mais de 133.000 pacientes realizando TRS (terapia renal substitutiva, afirmando então que se passa mais de 48 mil pacientes em diálise de 2002 para 133.000 pacientes em 2018, onde mais de 90% dos pacientes citados encontram-se em HD [12].

O SUS financia o tratamento de cerca de 108.000 pacientes, por meio de clínicas qualificadas para esta finalidade, sendo elas distribuídas em apenas 350 municípios logo, apenas 7% de todos os municípios brasileiros possuem unidades qualificadas para tal tratamento. Entretanto, a quantidade de vagas disponíveis para terapia renal, nos últimos 15 anos não conseguiu acompanhar a demanda de serviços, uma vez que a população brasileira aumentou e as vagas para tratamentos não foram aumentadas [13].

O Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HC-UFU) possui uma grande quantidade de equipamentos. Os que são gerenciados pelo setor responsável, a Bioengenharia, são divididos em 24 famílias de Equipamentos Médico-

Assistenciais (EMAs) e de outros tipos, classificados pelas normas do setor e que somados resultam em mais de 10.000 equipamentos. A Bioengenharia disponibiliza vários trabalhos em Engenharia, se destacando principalmente na parte de Engenharia Clínica, realizando principalmente manutenções corretivas e preventivas.

A manutenção preventiva, especialmente, tornou-se uma ferramenta vital para consecução de serviços de manutenção em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs), conduzindo ao bom funcionamento e acima de tudo com maior segurança, juntamente com a maior disponibilidade das máquinas e equipamentos [3].

1.1 Justificativa

Com uma demanda de 795 sessões de hemodiálise mensal e um total de aproximadamente 9540 sessões de hemodiálise realizadas em 2019, o HC-UFU tem disponíveis no setor de hemodiálise 26 máquinas de hemodiálise Fresenius 4008 S.

Manter esses EMAs com alta disponibilidade, seguros e com desempenho adequado é fundamental para atendimento dos pacientes que não podem ter suas sessões de hemodiálise atrasadas ou canceladas. Com esse objetivo existe a manutenção preventiva deste EMA com intermitência de 365 dias. Sendo esta uma manutenção preventiva complexa e com grande quantidade de detalhes.

Assim, com o intuito de padronizar e disponibilizar um roteiro instrutivo para conduzir a equipe responsável pela manutenção, surgiu a escolha pelo tema deste trabalho que foi a criação do Procedimento Operacional Padrão (POP).

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP) para a realização da manutenção preventiva da MÁQUINA DE HEMODIÁLISE FRESENIUS 4008 S.

1.3 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo supracitado, fizeram-se necessários os seguintes objetivos específicos.

- Conhecer máquina de hemodiálise e seu devido funcionamento;
- Estudar as subpartes do equipamento responsáveis por suas principais funcionalidades;
- Acompanhar e analisar como as manutenções preventivas anuais que são realizadas no equipamento;
- Ler o manual técnico de serviço;
- Verificar o melhor procedimento padrão para realização da manutenção preventiva;

- Apresentar este trabalho como requisito necessário para conclusão do curso Graduação em Engenharia Biomédica na Universidade Federal de Uberlândia.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentação Teórica

2.1.1 HC-UFU [14]

O HC-UFU é o maior prestador de serviço pelo Sistema Único de Saúde (SUS), em Minas Gerais e região, e no ranking de maiores hospitais universitários se encontra na terceira posição, inicialmente construído como unidade de ensino para o ciclo profissionalizante do curso de Medicina e Cirurgia de Uberlândia e foi fundada em 1970 no dia 26 de agosto, tendo suas atividades inicializadas em outubro de 1970 com apenas 27 leitos.

Atualmente o HC-UFU possui mais de 535 leitos, contando com mais de 3000 profissionais. O hospital atualmente realiza mais de 2500 procedimentos desde baixo nível de dificuldades até alto nível de dificuldade.

A estrutura do hospital designada unicamente para atendimentos são divididas em mais de 25 unidades, sendo organizadas em unidades de internação, ambulatorios, cirúrgicas, pronto socorro, centro cirúrgico e outros.

2.1.2 Bioengenharia

O HC-UFU conta com o setor chamado Bioengenharia, onde este é encarregado de realizar as manutenções necessárias nos EMAs e também responsável por pequenas reformas e manutenção de gases de toda a unidade hospitalar, além de atuarem nas atividades de pesquisa e ensino.

A Bioengenharia possui 20 anos e está localizada no bloco 6M ao lado do HC-UFU e em frente ao Hospital do câncer. É dividida em mais de 6 setores, sendo alguns deles: Almoxarifado, Eletrônica, Elétrica, Mecânica, Caldeira, Laboratório de Qualidade, entre outros. Em cada subdivisão são realizadas as funções pertinentes a cada equipamento, e o conjunto de tudo isso proporciona ao HC-UFU uma gestão da manutenção aprimorada e adequada ao contexto do HC-UFU.

O número de manutenções é elevado, já que o hospital possui mais de 50 anos, inúmeros equipamentos e é um dos maiores do Brasil.

Nota-se, por meio de informações e pesquisas, que a fundação do setor propiciou lucros ao hospital, já que terceirizar cada serviço prestado aos equipamentos traria um gasto público muito maior que possuir uma excelente equipe para prestar serviços ao HC-UFU e manter todos os EMAs em bom funcionamento [15].

2.1.3 Engenharia Clínica

A Engenharia Clínica vem assumindo um importante papel nas unidades hospitalares, atuando cada vez mais nas decisões técnicas e administrativas, priorizando sempre a aplicação de tecnologia e métodos de engenharia com objetivo de esclarecer problemas, principalmente os correlacionados com os serviços de manutenção de equipamentos médico-assistenciais nas unidades hospitalares [16].

A Engenharia Clínica teve seu início com a aplicação dos princípios da engenharia para soluções econômicas de problemas clínicos e baseou-se fortemente em conhecimentos de outras áreas da engenharia, como por exemplo elétrica e mecânica, ou até mesmo outras áreas como fisiologia e química [17].

Um Engenheiro Clínico é o profissional que amplia cuidados aos pacientes desempenhando atividades de engenharia e aplicando habilidades de gerenciamento nas tecnologias de cuidado à saúde [18]. A Engenharia Clínica é uma subdivisão da Engenharia Biomédica e é exercida em hospitais e qualquer outro ambiente em que haja equipamentos médicos em funcionamento [19].

Tendo como efeito da amplitude de interrelações com o ambiente hospitalar, os deveres e responsabilidades dos Engenheiros Clínicos são amplos [16], sendo eles sintetizados em: Avaliação e Gerenciamento de tecnologias e riscos; Projeto de instalações e gerenciamento de projetos; Garantir a qualidade do serviço prestado, treinar sempre que necessário, entre outros [20]. É fundamental que o Engenheiro Clínico conheça as mais diversas ferramentas (materiais disponíveis para conserto de equipamentos, recursos financeiros, treinamentos para equipe) disponibilizadas pelo EAS [21].

A função do Engenheiro Clínico foi criada para auxiliar nas decisões da equipe médica e enfermagem, relacionado aos procedimentos referentes aos EMAs. A contribuição do Engenheiro Clínico nesse momento pode simbolizar, para todo o pessoal de saúde, uma qualidade melhor de serviços prestados aos pacientes, que devem ser os principais beneficiados com todo e qualquer serviço prestado. Logo é nítido que a Engenharia Clínica é uma ferramenta fundamental para a sustentabilidade do setor da saúde [16].

2.1.4 Manutenções em Equipamentos Médico-Assistenciais

Ao incorporar um sistema de manutenção de equipamentos médicos hospitalares é essencial levar em consideração a importância do serviço a ser prestado e principalmente a forma de gerenciar a realização deste serviço. A gestão da manutenção não ocorre somente com uma equipe de manutenção consertando um equipamento, é necessário acima de tudo conhecer a importância e o funcionamento básico do

equipamento, além disso, se torna importante também conhecer a história do equipamento, a que grupo ele pertence, além de sua vida útil e suas características de construção, para que assim se torne possível uma boa manutenção e uma possível substituição de peças quando necessário [22].

2.1.4.1 Manutenção preventiva e Manutenção Corretiva

Primeiramente é necessário ressaltar que a denominação da palavra manutenção, que é muito utilizada neste trabalho, não é restrita apenas à atividades de reparo dos equipamentos, ou seja, ela agrega, em sua definição, inúmeros aspectos, cada um com sua complexidade e diferentes abordagens [23].

A manutenção preventiva (MP) é realizada pelo menos uma vez ao ano. É uma manutenção que utiliza um sistema certo, organizada segundo a quantidade de unidades que o usam e em função do tempo [24]. Por sua vez, a ABNT, define como “a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item” [25]. Ou seja, a manutenção preventiva é utilizada para manter todos os equipamentos em seu bom funcionamento, evitar defeitos que consequentemente farão com que o equipamento pare ou reduza seu trabalho, assegurar a segurança e evitar maiores gastos com os EMAs.

Assim, o objetivo da manutenção preventiva é exclusivamente reduzir as falhas que podem vir ocorrer nos equipamentos, além de todas as vantagens que este processo traz, como:

- Diminuir chamados de urgências para manutenções corretivas;
- Reduzir custos da manutenção corretiva, além de diminuir o tempo gasto com o equipamento;
- Evitar acidentes que podem afetar diretamente os pacientes que necessitam dos equipamentos [26];

A manutenção corretiva (MC) tem como objetivo corrigir defeitos, consertar os equipamentos e fazer com que eles voltem a ter um bom desempenho. A manutenção corretiva, teve origem logo após a Segunda Guerra Mundial, quando foi necessário o reparo das máquinas devido ao grande aumento das indústrias no Brasil e no mundo. Nessa época quando comparada à atualidade, não havia muitos equipamentos e a tecnologia não era tão avançada, logo necessidade de reparos era frequente e assim a manutenção corretiva era a mais utilizada naquele momento.

A manutenção corretiva também é conhecida por manutenção de emergência. Significa uma circunstância de manutenção imprevisível ou que não se esperava, ou

seja, o equipamento fica totalmente ou parcialmente indisponível momentaneamente e é neste momento que se torna necessário algumas providências serem tomadas [23]. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define manutenção corretiva como “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” [25].

Resumindo, a manutenção corretiva entra em ação no momento em que alguma interferência de uma falha se mostra presente [27], com o intuito de que corrigir ou reparar o defeito dado, para que o equipamento volte ao seu funcionamento normal ou pelo menos chegue o mais próximo possível disso [23].

Essas duas manutenções são essenciais para garantir a segurança e desempenho adequado das tecnologias hospitalares, dado que para eles serem entregues ao ambiente hospitalar, devem passar confiança e exatidão em toda suas funcionalidades oferecidas [28][29]. No HC-UFU, o setor responsável por toda manutenção preventiva e corretiva dos EMAs, é a Bioengenharia.

É de extrema importância para qualquer Unidade de Atenção à Saúde, implantar um programa de manutenção para EMA [30], através desse programa se torna possível que as manutenções em geral sejam eficazes.

Em geral, para a execução das manutenções corretivas e preventivas os profissionais que realizam os serviços devem vivenciar um treinamento especializado para cada equipamento. Então, após cada profissional se tornar capacitado, ele está apto para realizar todos os procedimentos que as manutenções exigem, ou seja, abrir o equipamento e fazer todas as análises necessárias, encontrar os defeitos, retirar peças, substituir peças, analisar circuitos e acessórios e por fim detectar e reparar defeitos encontrados. Entretanto, muitos equipamentos são complexos, o que muitas vezes exige informações próprias que são encontradas apenas em seu manual de serviço [22].

Neste contexto tem sido utilizado o procedimento operacional padrão (POP) de manutenção preventiva, que facilita e auxilia o técnico a realizar manutenções preventivas do equipamento, uma vez que traz o passo a passo deste processo, facilitando o processo de execução da preventiva. Qualquer evento adverso que for encontrado durante a manutenção preventiva, deve ser registrado pelo técnico e se torna responsabilidade do técnico tomar a decisão entre continuar com a preventiva ou interrompê-la e iniciar ou enviar equipamento para manutenção corretiva.

Logo, é notável que as MPs e MCs se complementam. Consistindo as corretivas geradas aleatoriamente e as preventivas com períodos determinados. As MCs requerem mais dos profissionais que as realizam, uma vez que exige mais esforço (estudo e descoberta do problema) e tempo já que muitas vezes exigem que os profissionais realizem orçamentos, comprem peças que não estão disponíveis no setor, e até mesmo

que profissionais consertem as peças ou as troquem com algum outro equipamento que esteja parado no setor esperando a chegada de alguma outra peça. Já as MPs possuem um procedimento padrão determinado, formado por uma breve lista de atividades, como por exemplo, limpeza do equipamento, testes, calibrações e alguns exigem até mesmo substituição de alguma peça ou acessório. Este procedimento pode ser realizado não somente pelo técnico, mas também por um estagiário, uma vez que exista o POP para auxiliá-lo, e neste momento nota-se a importância deste trabalho que se fundamenta pela extrema necessidade de efetuar MPs nos EMAs [21].

2.1.5 Procedimento Operacional Padrão

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é um manuscrito que possui um papel importante na realização da manutenção preventiva de modo a uniformizar os procedimentos a serem executados e garantir a qualidade dos serviços prestados. Esse serviço pode vir a ser executado por profissionais do âmbito da Engenharia Clínica [28].

O manuscrito deve ser redigido por um profissional da área, e o Engenheiro Clínico fica responsável por administrar o processo. Os usuários dos POPs são profissionais técnicos, ou seja, profissionais que possuem uma formação técnica. O manuscrito deve ser instrutivo, uma vez que seu fim é guiar o profissional, até mesmo os menos experientes na função do serviço, ou seja, o manuscrito deve ser cognoscível, pragmático e bem ilustrativo [31].

Todos os equipamentos possuem um manual de serviço onde são informadas as principais funções e operações que devem ser efetuadas nas MPs e também a frequência que tal procedimento deve ser realizado. Porém, não é de uma forma tão didática, uma vez que não há textos bem definidos, em sequências certas, nem um pouco objetivo e em linguagem inteligível para instruir o profissional. É por essa finalidade que se esclarece a elaboração do POP, já que esse é o melhor meio de solucionar esses embaraços [21].

Para a produção desse manuscrito, foi necessário que o autor conhecesse o princípio básico de funcionamento do equipamento, uma vez que se faz necessário conhecer suas funcionalidades. Para que isso ocorra, se torna obrigatória a leitura do manual de serviço do EMA, além da busca de informações adicionais tais como problemas mais comuns apresentados pelo equipamento. De posse dessas informações, são organizados os requisitos para o desenvolvimento do procedimento operacional padrão, bem como os materiais essenciais a cada EMA e ferramentas disponíveis [31].

Tendo consciência de todas concepções descritas anteriormente se tornou possível a elaboração deste POP da manutenção preventiva, que foi o objetivo deste

trabalho.

2.1.6 Princípio de funcionamento da Máquina de Hemodiálise

Os rins são órgãos fundamentais para manter o meio interno no corpo, os fluidos que circulam pelas nossas células, conhecido como líquido intersticial, em equilíbrio constante, independente do que ocorra no ambiente externo do nosso corpo. Esse processo também é chamado de homeostase. Logo não é de se admirar se percebermos que, com uma diminuição significativa do ritmo de filtração glomerular (RFG) encontrada na doença renal crônica (DRC), resultará em perdas de algumas funções, como por exemplo as funções regulatórias, excretórias e endócrinas, todos os outros órgãos do organismo tenham uma consequência negativa [1].

Os rins são os órgãos responsáveis pela limpeza do sangue humano, ou seja, ele retira o excesso de fluidos, sendo eles minerais e resíduos, além de ter papel importante em regular a pressão arterial e produzir vitaminas importantes. Portanto, quando os rins falham totalmente, é necessário entrar urgente com um sistema artificial, ou seja, rins artificiais para que estes exerçam o importante papel dos rins verdadeiros. Nesse momento entra a hemodiálise (HD) [9].

A hemodiálise (HD) representa a filtração do sangue através de um processo extracorpóreo de purificação intercedido pela membrana de um dialisador, que trabalha como um rim artificial. A duração das sessões de terapia varia entre 3 a 4 horas, 3 vezes na semana. Para esta terapia é necessária a utilização de um acesso vascular, que pode vir a ser temporário ou permanente [6].

A função principal da máquina de hemodiálise é transportar o sangue do paciente através do acesso, até o dialisador. Dentro do dialisador o sangue irá fluir através das fibras finas que filtraram os resíduos e logo depois o sangue já filtrado será retornado ao corpo do paciente [9]

Em teoria o processo parece simples, porém na prática o procedimento é mais complexo, pois a máquina HD, é composta por vários detectores, controladores, monitores e dispositivos de segurança, para garantir que o processo seja totalmente seguro para o paciente [7].

Para a realização da hemodiálise existe uma máquina própria, que exerce a função de um rim artificial, ou seja, ela bombeia o sangue do paciente, por meio de um dialisador [7]. O dialisador consiste em um filtro artificial, que contém fibras finas, ocas e com poros microscópicos na parede, conhecidas por membrana semipermeável para diálise [28], essa membrana é conhecida por separar o sangue e o dialisado um do outro, permitindo a transferência de soluto e água.

A máquina hemodiálise (HD) como dito anteriormente bombeia o dialisado e o sangue do paciente, por meio de um dialisador. O sangue e o dialisado são separados

pela membrana semipermeável [7], ou seja, a HD recebe o sangue do paciente por um acesso vascular, que pode ser um cateter ou até mesmo uma fístula arteriovenosa, depois esse sangue é impulsionado por uma bomba até o filtro de diálise (dialisador). Neste dialisador o sangue é exposto à solução de diálise (dialisato) através da membrana permeável, esta membrana retira o líquido e todas as toxinas que estão em excesso. Depois do sangue passar por essa “limpeza”, o sangue retorna para o paciente pelo acesso vascular. Para que todo esse processo seja realizado com segurança, é importante que todos os profissionais que lidam diretamente com ela, saiba como executar, qual e como é o funcionamento da mesma. Entretanto, esta máquina é extremamente complexa, com vários circuitos, peças e o principal, alarmes introduzidos no sistema para indicar um mal funcionamento momentâneo ou contínuo da máquina.

Os alarmes são fundamentais, não devem ser negligenciados e em hipótese alguma devem ser desarmados sem um aprofundamento no motivo pelo qual o alarme foi acionado. Quando um dos alarmes é acionado, seja ele do detector de ar, arterial venoso, vazamento de sangue, pressão transmembrana (TMP), torque da bomba de sangue, a máquina deve desligar sozinha a bomba de sangue, a linha de retorno venoso deve ser travada e a ultrafiltração (UF) deve ser interrompida, ou seja, o paciente é isolado da máquina automaticamente e imediatamente. A HD é programada para interromper todo o processo de hemodiálise caso um dos alarmes for acionado, por isso é fundamental que profissionais responsáveis pela HD sejam cuidadosamente treinados e que saibam exatamente como agir, tendo ações ágeis [7].

2.1.6.1 O Circuito do Sangue [32]

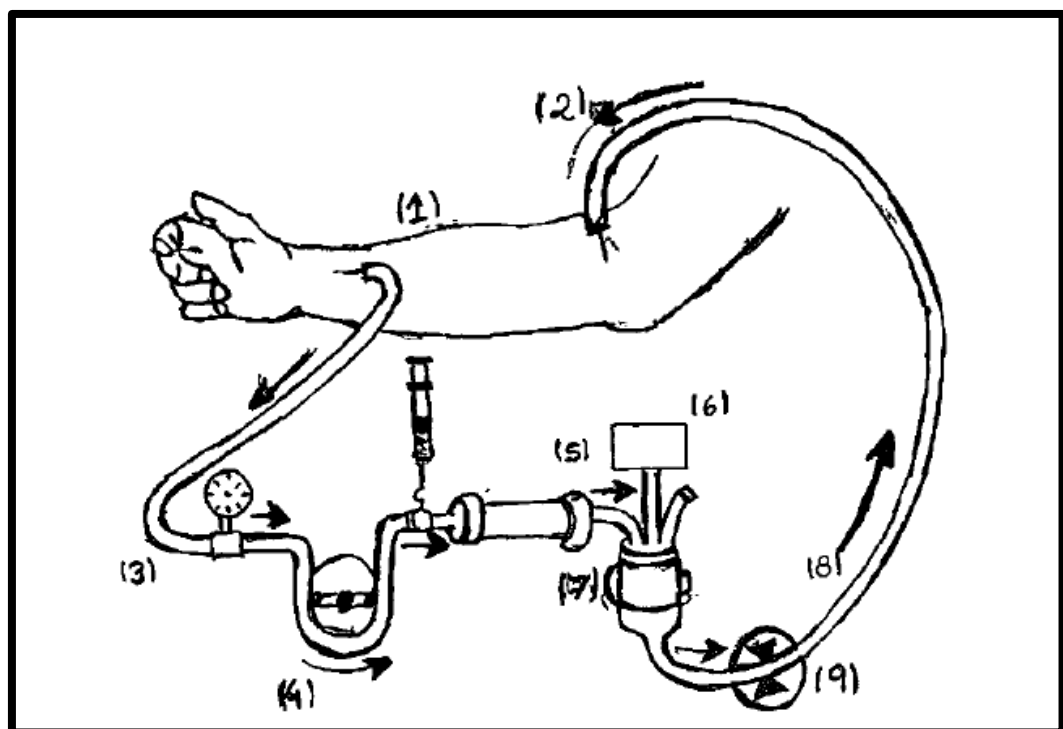
Detalhando a máquina HD, visualiza-se na Figura 2.1 o primeiro circuito da máquina de hemodiálise (HD), conhecido por circuito do sangue, composto por:

- (1)(2) Tubo de sangue feito de material biocompatível e não tóxico;
- (3)(6) Monitores de pressão, sendo eles:
 - Monitor de pressão (pré - bomba), onde é monitorada a pressão entre a entrada do sangue e a bomba sanguínea. A pressão inicial entre o acesso e a bomba é negativa, se tornando positiva quando passa pela bomba de sangue;
 - Monitor de pressão venosa (pós – diálise): há a possibilidade da pressão venosa aumentar em razão da relutância ao retorno venoso em algum momento entre a câmara de gotejamento venoso e a agulha venosa;
- (4) (5) Bomba de sangue e heparina. A bomba de heparina é uma seringa, que injeta um anticoagulante permitindo então que o sangue seja tratado fora

do organismo durante várias horas para que o mesmo não coagule;

- (7) Dialisador: o dialisador é onde estão agrupadas as fibras semipermeáveis, que são cobertas por um recipiente de plástico. Ele é utilizado para melhorar a concentração de substâncias solúveis em água no sangue do paciente antes que o sangue retorne para o mesmo;
- (8) Detector de vazamento de ar, é considerado o acessório mais importante da máquina, uma vez que ele detecta se há existência de ar no sistema e caso exista, ele interrompe o processo, na hemodiálise o ar é apresentado como espuma com microbolhas;
- (9) Clamp do detector de ar.

Figura 2.1- Circuito do sangue



Fonte: Autoria própria.

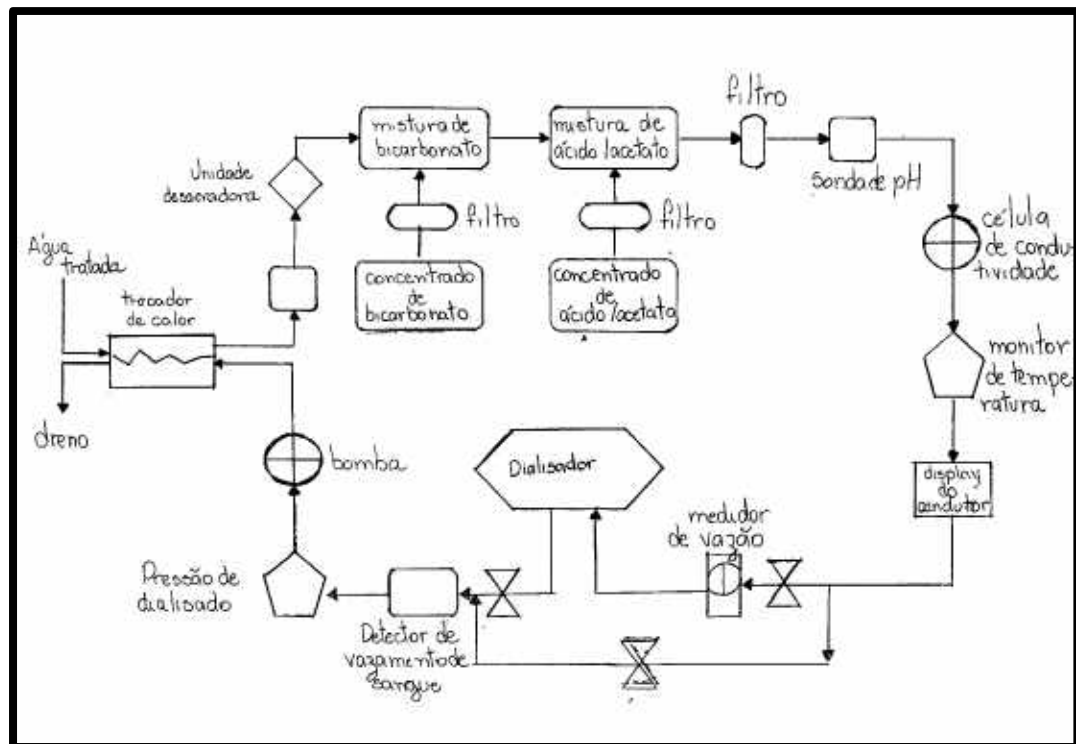
2.1.6.2 O circuito de diálise [32]

A Figura 2.2 traz o circuito de diálise. Este circuito elimina o dialisato utilizado depois que ele passa pelo dialisador. Existem alguns fatores importantes para a administração do dialisado, como por exemplo, temperatura, pressão, desinfecção e até mesmo uma limpeza adequada. Os componentes mais importantes para que o processo desse circuito seja bem-sucedido envolvem:

- Aquecimento, que serve para aumentar a temperatura da água que entra no paciente para temperatura corporal;

- Monitoramento de temperatura, condutividade, pressão, vazamento de sangue;
- UF;
- Desinfecção;
- Proporção, dosar corretamente o dialisado, já que este garante que ocorra a mistura correta entre a água aquecida e já tratada com o concentrado de dialisado;
- Desaeração também conhecido como desgaseificação, é utilizada para evitar que o ar dissolvido na água traga algum tipo de problema, uma vez que ele pode acarretar problemas no fluxo no dialisador, além de alterações no UF e consequentemente no TMP.

Figura 2.2 - Circuito da diálise



Fonte: Autoria própria.

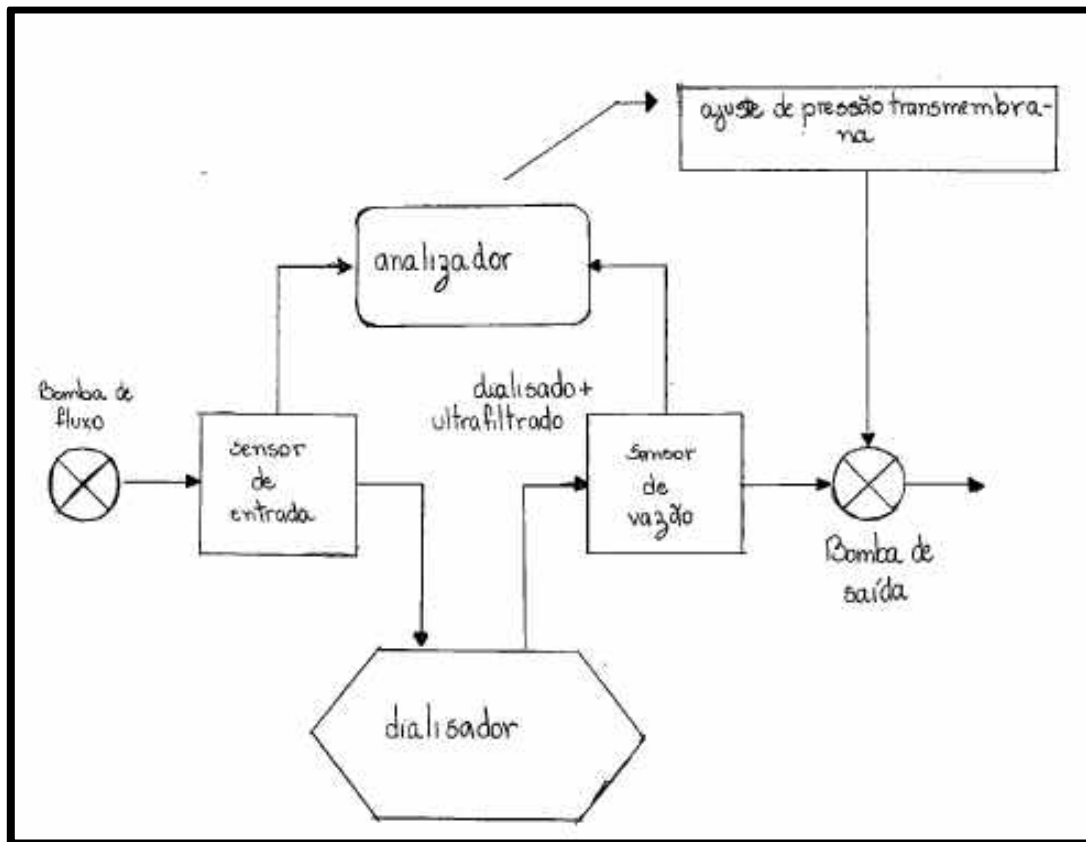
2.1.6.3 Monitoramento das Pressões [32]

A Figura 2.3 traz o **monitoramento de pressão da máquina**, onde o dialisado deve permanecer sempre com a pressão positiva menor que a pressão do nicho sanguíneo. A Ultra Filtração (UF) é controlada exatamente pela pressão transmembrana, que é controlada para alcançar a taxa pretendida de UF, ou seja, menor que 50 mL/h.

As máquinas atuais de hemodiálise, conseguem atingir o UF através dos sensores de fluxo, os quais medem as taxas de fluxo pré e pós-dialisador, a diferença

de fluxo entre eles é a taxa de UF.

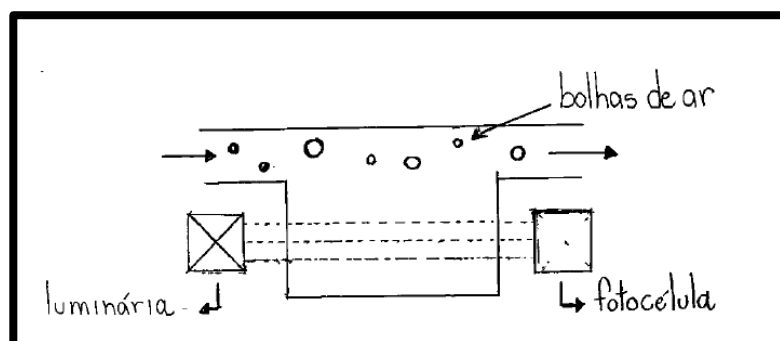
Figura 2.3 – Ultrafiltração baseada no sensor de fluxo



Fonte: Autoria própria.

Já a Figura 2.4 nos mostra o **monitoramento de vazamento de sangue**, onde nos é possibilitado a descoberta de vazamentos de sangue e previne contaminação do dialisado pelo sangue que vaza pelo dialisador. Este mesmo monitor, que é um infravermelho ou um fotodetector, possui uma configuração de fluxo, como é mostrado na imagem. Os glóbulos vermelhos que são encontrados na diálise espalham a luz, logo o infravermelho/fotodetector trabalha procurando a perda de transparência quando a luz passa pela pelo pós-dialisador.

Figura 2.4 – Monitor de vazamento de sangue.



Fonte: Autoria própria.

2.1.7 Equipamento Máquina de Hemodiálise Fresenius 4008 S

Foi realizada uma listagem das características e aplicações fundamentais do equipamento escolhido, e também um estudo sobre as relações com o modo de instrumentação técnica e exigências básicas para suceder o estudo presente. O Anexo A traz as especificações técnicas do Equipamento.

2.1.7.1 Informações gerais do equipamento

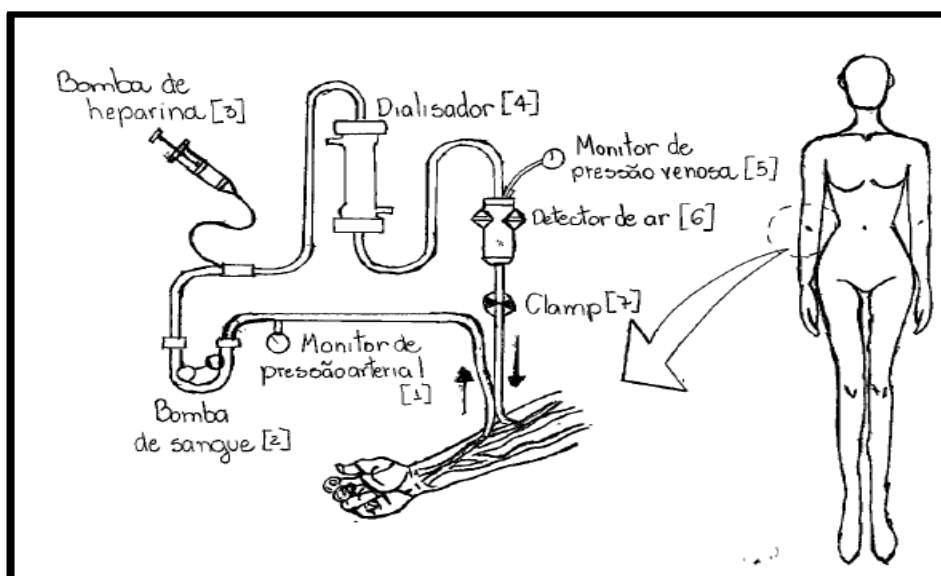
- Produto: MÁQUINA DE HEMODIÁLISE FRESENIUS 4008 S;
- Nome técnico: máquina de hemodiálise;
- Classificação de risco: III - Alto risco;
- Nome da empresa/Detentor: FRESENIUS MEDICAL CARE;
- Registro da ANVISA: 80133950051.

2.1.7.2 Principais partes do equipamento

A Figura 2.5 traz as principais partes do equipamento, sendo elas:

- 1- Monitor de pressão arterial
- 2- Bomba de sangue
- 3- Bomba de heparina
- 4- Dialisador
- 5- Monitor de pressão venosa
- 6- Detector de ar
- 7- Clamp

Figura 2.5: Principais partes da Máquina de Hemodiálise 4008 S



2.1.7.3 Dialisador [33]

Levando em consideração que o dialisador é uma das, se não a mais importante parte da máquina, é essencial o bom entendimento deste, sendo assim é importante ressaltar que o dialisador deve funcionar como um filtro, purificando e retirando toda a impureza do sangue, ou seja, ser um rim artificial. A estrutura do dialisador é de 20 x 5 cm, tendo como forma um cilindro de plástico transparente, com milhares de tubos com fibras ocas confeccionados de membranas sintéticas semipermeáveis, a Figura 2.6 mostra de uma forma dinâmica a estrutura do filtro dialisador.

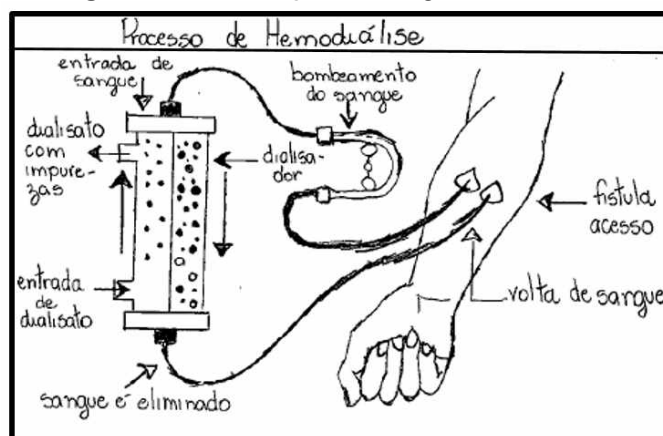
Figura 2.6: Estrutura do Filtro Dialisador



Fonte: Autoria própria

Na hemodiálise, o sangue bombeado pela bomba de sangue, entra no dialisador por um ponto e é disseminado por meio de milhares de fibras ocas parecidas com capilares. A Figura 2.7 traz o processo de purificação de sangue no dialisador de forma didática.

Figura 2.7: Purificação de sangue no dialisador



Fonte: Autoria própria

O dialisato é uma solução de diálise, é um líquido especial usado na hemodiálise para realizar a purificação do filtro, este líquido não possui contato nenhum com o paciente/sangue do paciente e circula pelo filtro na direção oposta ao sangue. Entra por uma extremidade e sai por outra, que é conhecida como “esgoto” da máquina ou “lixo”. Neste processo de hemodiálise, o sangue é purificado cerca de 12 vezes, entre 3 a 4 horas, tendo como resposta uma redução considerável da ureia e creatinina, retirando o excesso de líquido do corpo e realizando o equilíbrio químico dos eletrolíticos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa para construção deste POP foi realizada no período de 16/09/2020 a 14/10/2020 no setor de Bioengenharia do HC-UFU. O equipamento utilizado para elaboração do POP foi a máquina de Hemodiálise Fresenius, modelo 4008 S, adquirida em 2009.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário uma pesquisa bibliográfica detalhada sobre o processo de hemodiálise e a máquina de hemodiálise. Foi feito também um acompanhamento do processo de manutenção preventiva na Bioengenharia, com o técnico André Luciano. Com este acompanhamento foi possível um maior entendimento do processo e assim apontar a sequência das atividades necessárias para a MP desta máquina.

O técnico André Luciano da Silva Camargo, um dos responsáveis pelas manutenções da máquina de Hemodiálise, tanto manutenção preventiva, como manutenção corretiva, se disponibilizou em todo o processo a ensinar e tirar eventuais dúvidas que surgissem, além de disponibilizar o manual de serviço do equipamento para que fosse possível a elaboração do POP e acréscimos de informações.

Logo, como alicerce para elaboração deste trabalho tivemos:

- Pesquisa bibliográfica;
- Manual técnico de serviço;
- Acompanhamento do processo.

Após todo este alicerce foi criada a listagem necessária para a MP contendo:

- Calibração da Pressão Arterial (PA);
- Calibração da taxa de Bomba de Sangue;
- Calibração do Módulo Venoso (MV);
- Calibração da Bomba de Fluxo de 300 ml/min, 500 ml/min e 800 ml/min;

- Calibração das Bombas de Concentrado ácido e Bomba de Bicarbonato;
- Calibração das pressões dos pontos A, B, C e D;
- Calibração da Bomba de UltraFiltração (UF);
- Calibração de Sensor de Sangue;
- Calibração da Pressão Transmembranica (TMP);
- Calibração da temperatura;
- Calibração da Condutividade;
- Calibração da OCM (OCM - *online clears measure*);
- Teste do Clamp Venoso;
- Calibração do BIBAG (saco de bicarbonato);
- Calibração de Detector Óptico;
- Calibração de nível (cata bolhas);
- Teste T1 (auto teste);
- Segurança elétrica.

3.1 Calibração da Pressão arterial (PA)

A primeira calibração realizada na manutenção preventiva é a da Pressão Arterial. Ela é realizada com o auxílio do analisador e, com a ajuda deste aferimos os valores medidos do módulo arterial, para verificar se valores lidos pelo módulo estão sendo realmente os valores reais. Para essa verificação aplica-se uma pressão de 0 a 210 mmHG no módulo arterial e então comparamos com os valores mostrados no analisador, pois durante a hemodiálise é necessário que a PA esteja sendo monitorada e controlada para que o tratamento continue em andamento.

3.2 Calibração da taxa de Bomba de Sangue

A bomba de sangue é responsável no sistema por receber o sangue do paciente através da linha de sangue arterial, e enviar para o dialisador, onde ocorre a filtração do sangue do paciente. Quando esta bomba está em funcionamento a pressão nessa parte do circuito é negativa, devido ao sangue ter sido aspirado do acesso, porém caso a pressão chegue a ser menor que 200 mmHg, é possível afirmar que exista um problema no fluxo proveniente do acesso arterial ou algum problema relacionado à linha que vai do acesso arterial até o transdutor de pressão.

Neste processo da MP, ocorre a verificação se o valor apresentado no monitor da máquina corresponde ao valor apresentado no display do módulo arterial.

3.3 Calibração do módulo venoso (MV)

No módulo venoso encontra-se o transdutor de pressão venosa, onde é realizada a pressão causada pela resistência do sangue de retorno com ponto de partida na câmara venosa e termina no acesso vascular. Neste ponto do processo, a pressão deve ser positiva, uma vez que encontrada pressão negativa, é possível indicar alguma sujeira no transdutor ou até mesmo que a linha venosa esteja desligada.

Esta calibração é realizada com a ajuda de um analisador, que será responsável por verificar se os valores de pressão lidos pelo módulo são os valores reais. Para essa verificação, é aplicada uma pressão de 0 a 550 mmHg (milímetros de mercúrio) no módulo venoso e então a pressão aplicada é comparada com valores mostrados no analisador.

3.4 Calibração da bomba do fluxo de 300 ml/min, 500 ml/min e 800 ml/min

Neste ponto da calibração é realizado a verificação dos valores de fluxo, sendo eles: 300 ml/min, 500 ml/min e 800 ml/min, deve ser analisado se estes estão dentro do range permitido, tendo como range $\pm 10\%$ do valor, ou seja, a bom de fluxo deve ser 300 ± 30 , 500 ± 50 , 800 ± 80 .

3.5 Calibração das Bombas de Concentrado ácido e Bomba de Bicarbonato

Verificar se as bombas dos banhos estão aspirando a quantidade correta de concentrado ácido e bicarbonato.

3.6 Calibração das pressões dos pontos A, B, C e D

Estes pontos se encontram na parte traseira da máquina.

Verificar se as pressões encontradas nos pontos de aferição A, B, C e D, se estão dentro dos valores recomendados pelo manual, sendo eles:

- A = $0,9 \text{ BAR} \pm 1,40 \text{ BAR}$;
- B = $1,45 \text{ BAR} \pm 0,05 \text{ BAR}$;
- C = $2,2 \text{ BAR}$;
- D = $- 0,71 \text{ BAR}$ a $- 0,73 \text{ BAR}$.

3.7 Calibração da Bomba de UltraFiltração (UF)

A UF se constitui na retirada mecânica de fluidos desde o espaço intravascular. Na hemodiálise esse método mecânico de remoção de fluidos se baseia no conceito de

difusão de soluto por uma membrana semipermeável, ou seja, pelo dialisador (filtro) [33]. A UF é efetuada quando se aplica uma força de aspiração na membrana de diálise, esta força por sua vez é aplicada com o objetivo de reconstituir o equilíbrio hídrico o paciente, que por sua parte, não consegue mais excretar a água que está em seu organismo em excesso.

A calibração da bomba de UF é realizada para verificar se a mesma está aspirando corretamente, tendo como base que a bomba deve aspirar mais ou menos um total de 60 pulsos e o peso total desses pulsos deve ser 60 gramas, sendo inaceitável uma margem de erros, ou seja, o erro deve ser obrigatoriamente zero.

3.8 Calibração de Sensor de Sangue

Esta calibração é importante para verificar se as tensões dos sensores infravermelho estão dentro do valor de 5 V, sendo esses sensores um receptor e um transmissor. Esses sensores são responsáveis por detectar vazamento de sangue, principalmente quando fibras do capilar estouram.

3.9 Calibração da pressão transmembrânica (TMP)

Verificar se os transdutores que aferem o dialisador estão exercendo sua função corretamente.

3.10 Calibração da temperatura

Verificar se a máquina está aquecendo corretamente, sendo a temperatura aceitável na calibração $37^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

3.11 Calibração da condutividade

Verificar se a máquina está aferindo corretamente a condutividade do banho gerado, esse banho é produzido pela máquina a fim de purificar o sangue, ou seja, realizar a limpeza do mesmo.

3.12 Calibração da OCM

Alguns estudos trazem como informação que as taxas de mortalidade estão profundamente ligadas à dose de diálise aplicada [34]. Logo, a Fresenius criou um monitor juntamente com um sistema próprio e exclusivo que permite o monitoramento em tempo real da atual diálise aplicada no paciente, trazendo também informações essenciais ao profissional responsável, como por exemplo, gráficos que informam ao profissional se o

tempo programado para a diálise trará um bom resultado ou não.

Este processo de calibração é essencial para verificar se este sistema OCM (*online clears measure*), está funcionando corretamente e exercendo seu trabalho de forma correta.

3.13 Teste do CLAMP VENOSO

Este clamp é atribuído às linhas de sangue, tanto arterial como venoso, para que caso ocorra um mal funcionamento da máquina ou em alguma emergência, o fluxo de sangue seja interrompido.

Este processo da manutenção preventiva é para verificar a eficiência do clamp, ou seja, verificar se em uma emergência/alarme ativado, clamp venha a interromper o fluxo de sangue.

3.14 Calibração do BIBAG

O BIBAG é um saco de bicarbonato utilizado para a produção do dialisato. A calibração deste tem como finalidade verificar se o mecanismo do BIBAG está funcionando corretamente, tendo como parâmetros:

- Pressão;
- Condutividade;
- Temperatura.

3.15 Calibração do Detector óptico

Verificar se o sensor de presença de sangue está exercendo sua função principal, ou seja, quando há a presença de sangue na linha venosa, a diálise se inicia, caso não seja detectado a presença de sangue, a máquina HD fica apenas em preparação para diálise.

3.16 Calibração de nível (cata bolhas)

O cata bolhas, também conhecido como detector de ar, tem como principal função detectar e proteger o paciente de entrada de ar no sangue na linha venosa, uma vez que a passagem de ar neste processo acarreta consequências graves ao paciente, como por exemplo, uma embolia.

Tendo em vista a grande importância do bom funcionamento do cata bolhas, neste processo da MP verifica-se a eficiência do sensor de ar, para prevenir a entrada de ar na linha venosa.

3.17 Teste T1 (auto teste)

Um autoteste da própria máquina, onde é realizado um teste dos principais componentes e funções, garantindo a eficiência do equipamento e segurança para o paciente. Sendo os principais componentes todos os que foram citados nas Seções 3.1 a 3.16.

3.18 Segurança elétrica

O último teste na manutenção preventiva é a segurança elétrica, que é realizado para garantir que pacientes e operadores do equipamento não sofram descargas elétricas e que equipamento não cause sobrecargas ou curto circuito no sistema elétrico.

4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

O HC-UFU possui 26 máquinas de hemodiálise Fresenius 4008 S. A manutenção preventiva deste EMA tem como intermitência 365 dias. Após este trabalho foi possível notar a importância da manutenção preventiva, uma vez que a intervenção pode ocorrer de modo metódico ou condicionado e sempre obedecendo a um programa previamente estabelecido [16].

A falta da manutenção preventiva pode acarretar a falha do equipamento e trazer graves consequências ao paciente. Na máquina de HD as consequências da falta manutenção preventiva são graves, sendo algumas delas:

- Quando a bomba de sangue não é calibrada corretamente, o sistema não consegue ser realizado corretamente, uma vez que ela é responsável por enviar o sangue para filtração;
- Quando a bomba de fluxo não está devidamente calibrada o volume de água necessária para o processo de hemodiálise não é devidamente medida;
- Quando a calibração da bomba de ultrafiltração (UF) está desregulada o equilíbrio hídrico do paciente não é reconstituído corretamente, logo a hemodiálise não tem o efeito desejado;
- Quando a calibração da PTM está regulada, é possível que seja realizado um monitoramento da eficiência do filtro, ou seja, caso esteja desregulado o filtro não exerce sua função corretamente;
- Quando o Clamp venoso não é verificado, é possível que não realize seu

papel, ou seja, caso precise interromper o processo de hemodiálise não será possível que isso ocorra, acarretando em graves problemas ao paciente;

- Quando o cata bolhas não está calibrado corretamente, pode ocorrer a entrada de ar no sangue da linha venosa, o que gera problemas gravíssimos ao paciente, este então se torna a principal e mais importante parte do equipamento.

Após este trabalho também foi possível perceber que toda a manutenção preventiva realizada tem o propósito de diminuir a probabilidade de ocorrência de erros, em um determinado equipamento e que é aplicada quando a lei de degradação é conhecida. [35].

Na máquina de HD é realizada uma manutenção preventiva bem detalhada, é necessário ter paciência, já que muitas etapas do processo da preventiva muitas vezes são realizadas mais de uma vez, devem ser repetidas para que se tenha um resultado positivo e necessário que se tenha muita atenção para que não falte nenhuma etapa e que não pule alguma delas, uma vez que isso acarretará erros futuros ou um resultado negativo no fim da manutenção preventiva.

Depois de estudar todos esses pontos e perceber a importância dos mesmos, foi possível entender a relevância do Procedimento Operacional Padrão. Além de ser capaz de escrevê-lo com todas as instruções sequenciais de operações necessárias, determinar cada responsável por exercer tal operação, além de descrever todas e definir o que são essas operações.

A intenção principal do POP produzido é ser um roteiro instrutivo para conduzir a equipe responsável pela manutenção preventiva de forma a desempenhar o serviço com qualidade e de forma padronizada.

O HC-UFU no momento vem enfrentando mudanças administrativas, as quais trouxeram várias consequências para o setor de Bioengenharia, entre elas consequências boas e ruins. Um efeito negativo dessas mudanças foi a saída de alguns funcionários sem a contratação de novos, ou seja, o setor está com déficit de funcionários o que acarreta atrasos no atendimento no hospital, entretanto com essa mudança o setor conseguiu um pouco mais de verbas para investimento no hospital e compras de novos equipamentos.

Assim, este POP será de grande ajuda para que não somente o técnico responsável pelas máquinas consiga realizar a MP, mas sim todos os outros técnicos que se encontram no setor, tornando possível a divisão melhor de trabalho entre eles.

Atualmente existem três técnicos responsáveis pelas máquinas de hemodiálise, tendo em vista que eles não são responsáveis apenas pelas máquinas de HD, mas

também por outros equipamentos específicos e levando em consideração que no setor de eletrônica existem 5 técnicos no total, é notável o quanto a equipe sofre diretamente caso mais de uma máquina de HD estrague de uma só vez. Pensando nisso, construir um POP torna possível que qualquer um dos 5 técnicos seja capaz de realizar a manutenção preventiva e que a equipe não fique desfocada.

O maior obstáculo enfrentado na elaboração do POP foi deixar o guia de uma forma didática, clara e concreta, sem causar dúvidas de qualquer usuário do documento. O POP da máquina de HD é detalhista e deve ser escrito com uma extrema atenção para que não ocorra erros ou para que não falte nenhuma etapa importante. Caso ocorra algum procedimento escrito ou detalhado incorretamente, além de acarretar problemas à máquina, pode ocasionar perda de toda a manutenção preventiva até o momento.

Para que este POP fosse escrito da melhor maneira, a ajuda do técnico responsável foi fundamental e sem sombra de dúvidas, este trabalho não seria possível sem o mesmo, uma vez que ele se disponibilizou a ajudar, explicar, realizar comigo todas as etapas da manutenção preventiva e ensinar tudo que era preciso.

Durante a elaboração do POP, devido à sua complexidade, foram observadas algumas dificuldades, assim, com a ajuda do técnico foram feitas mudanças e substituições para adequá-lo.

Além de toda a ajuda do técnico, foi de grande importância o setor de Nefrologia do HC-UFU, pois apesar da grande demanda do setor e o grande número de pacientes que fazem uso do equipamento, conseguiram a disponibilização da máquina pois, caso isso não tivesse ocorrido não seria possível a realização da manutenção preventiva, logo não seria possível acompanhar e vivenciar o processo, tendo como consequência a não elaboração deste trabalho de conclusão de curso nesse tema.

O manuscrito atual é referente à primeira versão do POP, o qual foi testado por apenas um técnico do setor, devido à grande demanda de trabalho, pela falta de profissionais e também consequência da pandemia de covid-19, porém o teste foi realizado pelo técnico mais novo do setor e que não tinha experiência nenhuma com a máquina de Hemodiálise. O técnico recolheu a máquina no setor, com o POP em mãos foi seguindo todos os procedimentos descritos, com bastante calma e atenção, encontrou algumas dificuldades que já foram anotadas e serão adaptadas para a próxima versão do POP.

Com a chegada da nova administração acredita-se que chegarão novos técnicos, logo haverá uma releitura do POP por outros profissionais o que poderá levar a possíveis edições no POP e novas versões futuras, dando a possibilidade de aprimoramento deste trabalho. Esse é um ponto importante para que o POP fique correto e de fácil entendimento, a realização de testes com diversos profissionais para que sejam

detectadas falhas de procedimento, texto e figuras.

No APÊNDICE A encontra-se o POP confeccionado no formato usado na Bioengenharia.

5. CONCLUSÃO

Antes de implementar o POP de manutenção preventiva anual do equipamento MÁQUINA DE HEMODIÁLISE FRESENIUS 4008 S, foi realizada uma série de boas práticas em Engenharia Clínica, começando pela busca de informações para entender o princípio de funcionamento do equipamento, tornando-se então o ponto de início do projeto.

Considerando todo o processo e todas as etapas do trabalho, percebe-se que a máquina de HD é complexa, possui vários sensores e peças importantes com alta responsabilidade no funcionamento da máquina. Foi notável perceber a importância da manutenção preventiva, uma vez que ela previne que a máquina apresente qualquer falha ou que pare de funcionar repentinamente.

Desse modo é possível perceber que a definição de cada etapa da manutenção preventiva, o detalhamento e a forma clara, objetiva e de fácil entendimento do POP é fundamental para que o equipamento esteja sempre bem calibrado, funcionando corretamente e sem apresentação de falhas, acarretando então segurança e conforto ao paciente.

Em síntese este trabalho foi fundamental para para aprender e entender o quanto o POP é fundamental para qualquer EMAs, para os profissionais responsáveis por eles e principalmente para a Bioengenharia.

Além de tudo o bom relacionamento, a grande ajuda dos técnicos da Bioengenharia e a boa interação com o equipamento foi imprescindível para todo o trabalho ser possível, com o objetivo principal de entregar o POP ao setor. Logo, foi escrito o POP em sequência textual intuitiva, descrevendo todos os procedimentos a serem executados.

Este trabalho trouxe aprendizados extremamente importantes, tornou possível entender a grande importância da manutenção preventiva dos equipamentos hospitalares, além de mostrar a importância de um POP para garantir a qualidade e segurança do equipamento, além de uma padronização do serviço. Conclui-se então, que este trabalho contribuirá com a execução dos serviços que a Bioengenharia presta ao HC-UFU.

REFERÊNCIAS

- [1] BASTOS, M. G.; ABRITA, R. R.; ALMEIDA E. C.; DE MARIA, D.; COSTA, N.; GONÇALVES, J. D. A. & PAULA, R. B. DE. (n.d.). (2004) **Doença Renal Crônica : Problemas e Soluções**.
- [2] K/DOQI **clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification**. Am J Kidney Dis 2002;39:Suppl 2:S1-S246.
- [3] ROMÃO JÚNIOR, J. E. **Insuficiência renal crônica**. In: Cruz J, Praxedes JN, Cruz HMM. Nefrologia. São Paulo: Savier; 1994. p. 187-200.
- [4] PEREIRA, L. DE P.; & CAVALCANTE GUEDES, M. V. (2009). **Hemodiálise: a Percepção Do Portador Renal Crônico**. Cogitare Enfermagem, 14(4).
<https://doi.org/10.5380/ce.v14i4.16384>
- [5] SILVA, H. G.; & SILVA, M. J. da. (2006). **Motivações Do Paciente Renal Para a Escolha a Diálise Peritoneal Ambulatorial Contínua**. Revista Eletrônica de Enfermagem, 5(1), 10–14. <https://doi.org/10.5216/ree.v5i1.774>
- [6] XHULIA, D.; GERTA, J.; DAJANA, Z.; KOUTELEKOS, I.; VASILOPOULOU, C.; SKOPELITOU, M.; & POLIKANDRIOTI, M. (2015). **Needs of Hemodialysis Patients and Factors Affecting Them**. Global Journal of Health Science, 8(6), 109–120.
<https://doi.org/10.5539/gjhs.v8n6p109>
- [7] MISRA, M. (2005). **The basics of hemodialysis equipment**. Hemodialysis International, 9(1), 30–36. <https://doi.org/10.1111/j.1492-7535.2005.01115.x>
- [8] **FRESENIUS MEDICAL CARE**. Disponível em: <
<https://www.freseniusmedicalcare.com.br/pt-br/pacientes-e-familias/entendendo-a-dialise/>> Acesso em: 03 nov. 2020.
- [9] MASHKOOR, A. (2016) **The Hemodialysis Machine Case Study**. In: Butler M., Schewe KD.; Mashkoor A.; Biro M. (eds) Abstract State Machines, Alloy, B, TLA, VDM, and Z. ABZ 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9675. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33600-8_29B
- [10] KIMMEL, P. L. & PATEL, S. S. (2006). **Quality of life in patients with chronic kidney disease: Focus on end-stage renal disease treated with hemodialysis**. Seminars in Nephrology, 26(1), 68–79.

- [11] CAVALCANTE, M. C. V.; LAMY, Z. C.; LAMY FILHO, F.; FRANÇA, A. K. T. DA C.; DOS SANTOS, A. M.; THOMAZ, E. B. A. F.; DA SILVA, A. A. M. & SALGADO FILHO N. (2013). **Factors associated with the quality of life of adults subjected to hemodialysis in a city in northeast Brazil**. *Jornal Brasileiro de Nefrologia* : 'orgão Oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia, 35(2), 79–86. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20130014>
- [12] MATOS, J.; ALMEIDA, J.; GUINSBURG, A.; MARELLI, C.; BARRA, A.; VASCONCELLOS, M.; D'ALMEIDA, E.; HOETTE, M., RUZANY, F. & LUGON, J. (2011). **Avaliação da sobrevida de cinco anos em hemodiálise no Brasil**. *J Bras Nefrol*, 33(4), 436–441.
- [13] PASTOR, N. M. Z. (2019). Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), Associação Brasileira dos Centros de Diálise (ABCDT), e Federação Nacional de Associações de Pacientes Renais e Transplantados do Brasil (FENAPAR).
- [14] HC-UFU. Hospital de Clínicas de Uberlândia. Institucional. Disponível em: <<http://www.hc.ufu.br/pagina/institucional>>. Acesso em: 03 nov. 2020.
- [15] OLIVEIRA, H. C. **Avaliação dos custos diretos de materiais utilizados na manutenção dos equipamentos médico-assistenciais do Hospital de Clínicas de Uberlândia**. 2017. 43 f. Monografia (Graduação em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, 2017.
- [16] SILVA, D. R. C. (2015). **Engenharia Clínica – Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina**. Junho.
- [17] ZAMBUTO, R. P. **Clinical Engineering**. In: DYRO, J. F. (Org.). *Clinical Engineering Handbook*. 2011. ed. [S.l.]: Elsevier Academic Press, 2004, p. 1–2.60
- [18] BAULD, T. J. (1991). **The Definition of a Clinical Engineer**. In *Journal of Clinical Engineering* (Vol. 16, Issue 5, pp. 403–406). <https://doi.org/10.1097/00004669-199109000-00011>
- [19] DYRO, J. F. (Org.). **Clinical Engineering Handbook**. 2011. ed. [S.l.]: Elsevier Academic Press, 2004.
- [20] BRONZINO, J. D. **Clinical Engineering: Evolution of a Discipline**. In: DYRO, J. F. (Org.). *Clinical Engineering Handbook*. 2011. ed. [S.l.]: Elsevier Academic Press,

2004, p. 3–7.

[21] FREITAS, H. F. **Desenvolvimento de um procedimento operacional padrão para manutenção preventiva anual dos aparelhos de RAIO X móvel AQUILLA PLUS 300 VMI do hospital de clínicas da Universidade Federal de Uberlândia**. 2020. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

[22] CALIL, S. J. & Et Al. (2002). **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção**. In Ministério da Saúde, 2002;

[23] LUCATELLI, M. V. **Estudo de procedimentos de manutenção preventiva de equipamentos eletromédicos**. 1998. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998

[24] MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva - caminho para zero defeitos**. São Paulo: Makron Books Mc Graw-hill, 1991.

[25] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Confiabilidade e manutenibilidade** - terminologia, NBR 5462, Rio de Janeiro, 1994.

[26] MARTINS, M.; MEI, J.; FURUSATO, E.; NAGAE M.; KORBER, H.; WALL, E., & CALIL, S. (2012). **Uma Proposta De Priorização De Equipamentos Médico-Hospitalares Para Manutenção Preventiva**. Research on Biomedical Engineering, 07(1), 561–571

[27] SCHOEPS, W. Manutenção. In: _____. **Manual de administração da produção**, Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, v.2, 1975.

[28] VILHENA, C. L. et al. **Desenvolvimento de Procedimento Operacional Padrão de Manutenção Preventiva de Esfigmomômetros Aneróides**. In: Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica. Uberlândia: Center Convention, 2018. Disponível em: <<http://www.sbeb.org.br/site/anais-do-cbeb/>>.

[29] ALVES, N. M. V.; GODOI, C. M.; REZENDE, M.F.; MOURA, W.M.; SANTI, R. O.; MILAGRE S.T. **Procedimento Operacional Padrão para Manutenção Preventiva de Berço Aquecido Fanem**, Anais IX Simpósio em Engenharia Biomédica. 2016; p.207-209

[30] WHO, M. Device Technical Series. **Medical equipment maintenance**

programme 59 overview. [S.l.]: [s.n.], 2011.

[31] DUARTE, R. L. **Procedimento Operacional Padrão: a Importância de se Padronizar Tarefas nas BPLC.** Curso de BPLC. Belém, 2005.

[32] LÚCIA, V. & GONÇALVES, C. (2014). **A Ultrafiltração no Tratamento da Síndrome Cardio-Renal.** ARTIGO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA,

[33] SOUZA, E. & PANDYA, S. (2014). **Previna-se-Salve Seus Rins Informações.** 13–1699.

[34] HAKIM, R. M.; BREYER, J.; ISMAIL, N.; SCHULMAN, G. **Effects of dose of dialysis on morbidity and mortality.** Am J Kidney Dis. 1994 May;23(5):661-9. doi: 10.1016/s0272-6386(12)70276-7. PMID: 8172208.

[35] Nunes, E. L. (2001). **Manutenção Centrada Em Confiabilidade (Mcc): Análise Da Implantação Em Uma Sistemática De Manutenção Preventiva Consolidada.** Mcc, 146.

Anexo A – Especificações Técnicas do Equipamento (FRESENIUS)

Dados técnicos	
Dimensões 4008 S PESO	1370 x 500x 650 mm (A x L x P) (incluindo conexão de shunt e suporte extensível de concentrados), aproximadamente 86 KG
Abastecimento de água	
Pressão de entrada de água	1,5 a 6.0 bar
Temperatura da entrada de água	5 ° C a 30 ° C; para enxague quente integrado 85° C a 95° C
Altura máxima do dreno	1 M
Abastecimento do concentrado	
Pressão de abastecimento	0 a 100 mBar; 1 M máxima altura da sucção
Fornecimento central	1 concentrado ácido central (opcional) 0 a 500 mBar
Dados elétricos	
Fonte de energia	100 a 240 V AC, 50 a 60 Hz
Consumo atual	Aproximadamente 9 A (a 230 V) y 15 A (a 110 V)
Conexões externas	Interface da rede para troca de dados com o Sistema de Gerenciamento de dados da terapia (opcional); entrada/saída para a conexão de equipamento secundário externo; alarme de entrada/saída (exemplo: chamada de enfermeiros); análise para diagnóstico interno de computador
Bateria	18 V; 3 Ah (livre de manutenção)
Monitoramento da pressão arterial	
Variação do monitor	- 300 mmHg a + 280 mmHg
Exatidão	± 10 mmHg
Resolução	20 mmHg
Monitoramento da pressão venosa	
Variação do monitor	- 60 mmHg a +520mmHg
Exatidão	± 10 mmHg
Resolução	20 mmHg
Monitoramento da pressão transmembrana	
Variação do monitor	- 60 mmHg a +520mmHg
Resolução	20 mmHg
Bomba de sangue arterial	
Variação do fluxo sanguíneo	15 a 600 mL/min
Exatidão	± 10%

Resolução	5 MI/MIN
Sistema de agulha única (opcional)	Com duas bombas de sangue, pressão interna/controle da pressão com volume sistólica variável (máximo 50MI/MIN)
Detector de bolhas de ar	Medida de transmissão ultrassônica na linha de sangue, monitoramento ótico adicional no grampo venoso
Bomba de heparina	Variação da administração: 0 a 10 MI/H. Tamanho da seringa: 20 mL
Variação do fluxo do fluido de diálise	
Selecionável	0 – 300 – 500 – 800 ml/min
AdaptedFlow (selecionável)	Fluxo de dialisato adaptado ao fluxo sanguíneo efetiva
Temperatura do fluido de diálise	
Selecionável	35° C a 39° C
Condutividade do fluido de diálise	
Variação	12.8 a 15.7 Ms/CM (25° C)
Exatidão	± 0.1 Ms/CM
Resolução	0.1 Ms/CM
Componente ácido do fluido de diálise	
Proporção de mistura	Ajustável, exemplo: 1 + 44, 1+34
Intervalo de Ajuste	125 a 150 mmol/L
Componente bicarbonato do fluido	
Proporção padrão da mistura	1 = 27,6 (outras possíveis)
Intervalo de Ajuste	8 a + 8 mmol/L
OCM	Monitoramento de Clearance Online
Clearance precisa de K	± 6%
Concentrado de bicarbonato seco	BIBAG
Sistema do filtro do fluido de diálise	DIASAFE <i>plus</i>
Precisão do balanceamento	± 0,1% de acordo com o volume total do dialisato
Tese de retenção da pressão	Cíclico
Ultrafiltração (UF)	
Taxa de UF	0 a 4000 MI/H (em etapas de 1 MI/H)
Precisão do volume da bomba	± 1%
Parâmetros exibidos	Meta de UF, tempo de UF, taxa de UF, voume de UF
Detector de vazamento de sangue	

Sensitividade	<= 0,5 MI SANGUE/MIN (HCT = 25) ao fluxo máximo de 800 MI/MIN
---------------	---

Programas de desinfecção e limpeza	
Enxague Temperatura/Fluxo	37° C / 600 mL/min
Enxague quente (recirculação) Temperatura/Fluxo	84° C / 450 mL/min
Enxague quente integrado Temperatura/Fluxo	84° C / 450 mL/min
Desinfecção PuristerII 340/plus (recirculação)	37° C / 600 mL/min

Aprendice A

 Hospital de Clínicas De Uberlândia	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	
Título: Protocolo de Manutenção Preventiva da Máquina de Hemodiálise Fresenius 4008 S	Elaborado por: Tayanne Costa Silva	Data: 04/12/2020
	Versão: 1.0	Data: 04/12/2020
	Periodicidade: 365 dias	

Sumário

1 OBJETIVO.....	45
2 MATERIAL NECESSÁRIO	45
3 ORIENTAÇÕES INICIAIS	46
4 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	46
4.1 INSTRUÇÕES DE NAVEGAÇÃO.....	46
4.1.1 Manual de navegação (Figura 4).....	46
4.1.2 Manual de menu (Figura 5).....	48
4.1.3 Mensagens de calibração	49
4.2 PRÉ – PREVENTIVA	49
4.2.1 Limpeza externa.....	49
4.2.2 Conectar equipamento na fonte de água tratada por osmose.	49
4.2.3 Desinfecção química.....	49
4.2.4 Colocar máquina no modo de serviço	51
4.2.5 Ligar equipamento.....	51
4.2.6 Entrar no modo de calibração da máquina.....	52
4.3 PREVENTIVA.....	53
4.6.1 Verificar pressões dos pontos A, B, C e D	55
4.6.2 – Calibração da Bomba de Ultra Filtração (UF)	59
4.6.3 – Calibração do BIBAG	63
4.6.4 – Calibração da pressão arterial	67
4.6.5 – Calibração da taxa de Bomba de Sangue	69
4.6.6 – Calibração do módulo venoso	71
4.6.7 – Calibração da Bomba de Fluxo de 300 ML/MIN.....	73
4.6.8 – Calibração da Bomba de Fluxo de 500 ML/MIN.....	75
4.6.9 – Calibração da Bomba de Fluxo de 800.....	75
4.6.10 – Calibração de temperatura	76
4.6.11 – Calibração de condutividade.....	78
4.6.11.1 – Calibração da compensação da condutividade pela temperatura	80
4.6.12 – Calibração do OCM (online clears mensure).....	82
4.6.13 – Calibração de sensor de fuga de sangue	84
4.6.14 – Volume da câmara de balanço	85
4.6.15 – Calibração da Bomba de Concentrado ácido e Bomba de Bicarbonato	87
4.6.16 – Calibração da pressão transmembrânica (TMP).....	90
4.6.17 – Calibração do cata bolhas	92
4.6.18 – Teste do Clamp	93
4.6.19 – Calibração do Detector Óptico.....	94
4.6.20 – Calibração de Pressão do BIBAG	96
4.6.21 – Teste de segurança elétrica	98
4.6.22 – Teste final, T1.....	100
4.6.23 – Identificação de preventiva	102

1 OBJETIVO

Este documento visa orientar o profissional da Bioengenharia na manutenção preventiva anual da Máquina de Hemodiálise Fresenius 4008 S.

2 MATERIAL NECESSÁRIO

- Água tratada por osmose;
- Banho para tratamento de hemodiálise (bombona de concentrado ácido e bicarbonato ou saco BIBAG fresenius);
- Analisador para máquina de hemodiálise, que medirá a pressão, condutividade e temperatura: **o analisador utilizado pela Bioengenharia é: Neo-2 meter, Figura 1;**



Figura 1 – Analisador Neo-2 meter

- Balança calibrada: a balança utilizada pela Bioengenharia é: **GEHAKA BK6600, Figura 2;**



Figura 2 – Balança GEHAKA BK6600

- Para calibrar volume sempre usar água permeada, ou seja, água da osmose;
- **Fluke 601 PRO**, Figura 3, para realizar teste de segurança elétrica;



Figura 3 – Fluke 601 PRO

- Equipamentos de segurança: **Luvas e óculos de proteção.**

3 ORIENTAÇÕES INICIAIS

Antes de iniciar a manutenção preventiva, verifique se há disponível todo o material necessário. Logo em seguida, siga as instruções descritas em cada atividade. Caso todas as atividades estejam em conformidade com os requisitos esperados, a preventiva foi bem-sucedida e o equipamento está pronto para uso. Caso haja alguma divergência, deve ser registrado o ponto em específico que apresentou falha e o equipamento deve ser enviado para manutenção corretiva.

4 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

4.1 INSTRUÇÕES DE NAVEGAÇÃO

4.1.1 Manual de navegação (Figura 4)

1. Para navegar no menu principal utilize sempre as teclas **para cima e para baixo**
2. Para alterar valores utilize sempre as teclas de **+ e -**.
3. Para salvar configurações/alterações/calibrações utilize sempre a tecla **Silenciador**.
4. Para confirmar navegações e alterações utilize sempre tecla **Conf**.

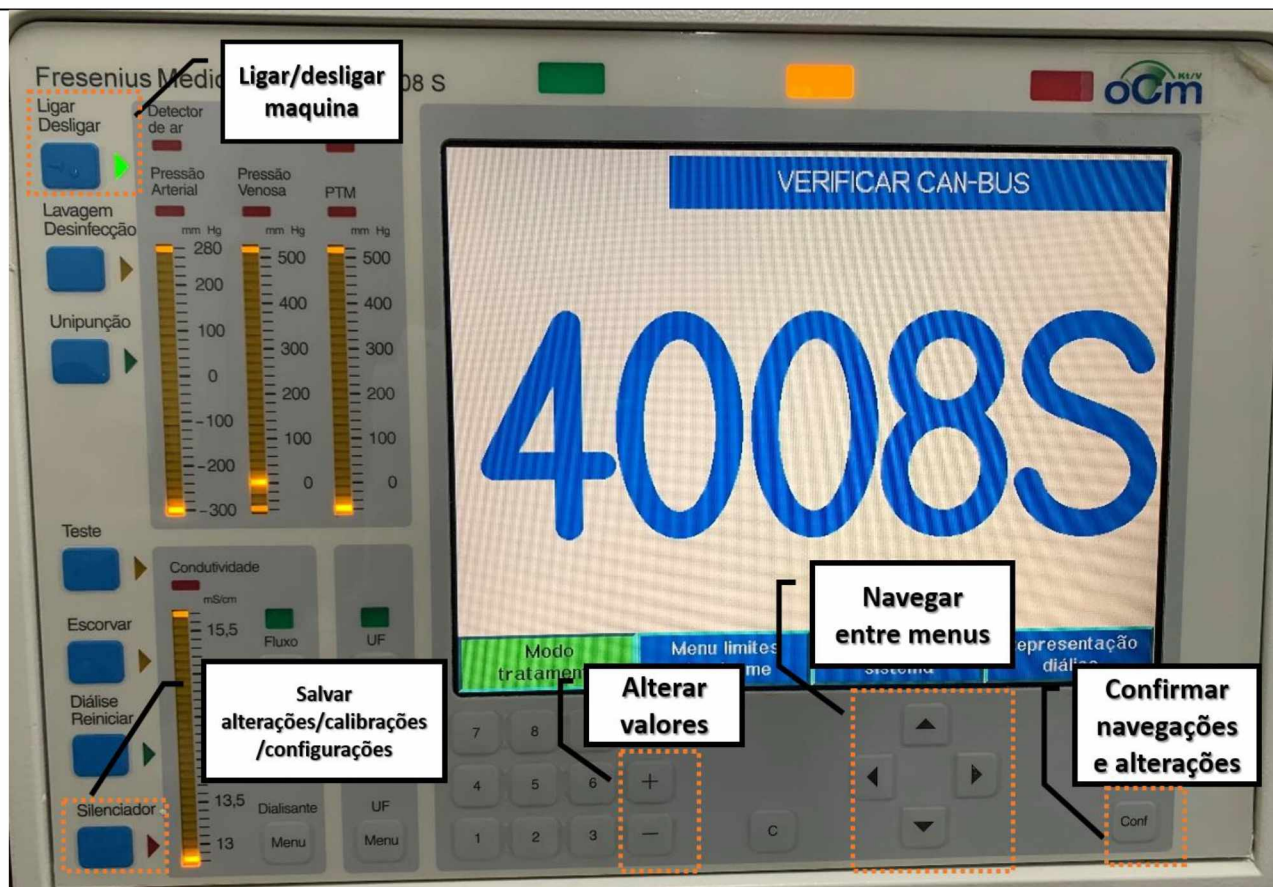


Figura 4 - Display da máquina

4.1.2 Manual de menu (Figura 5)

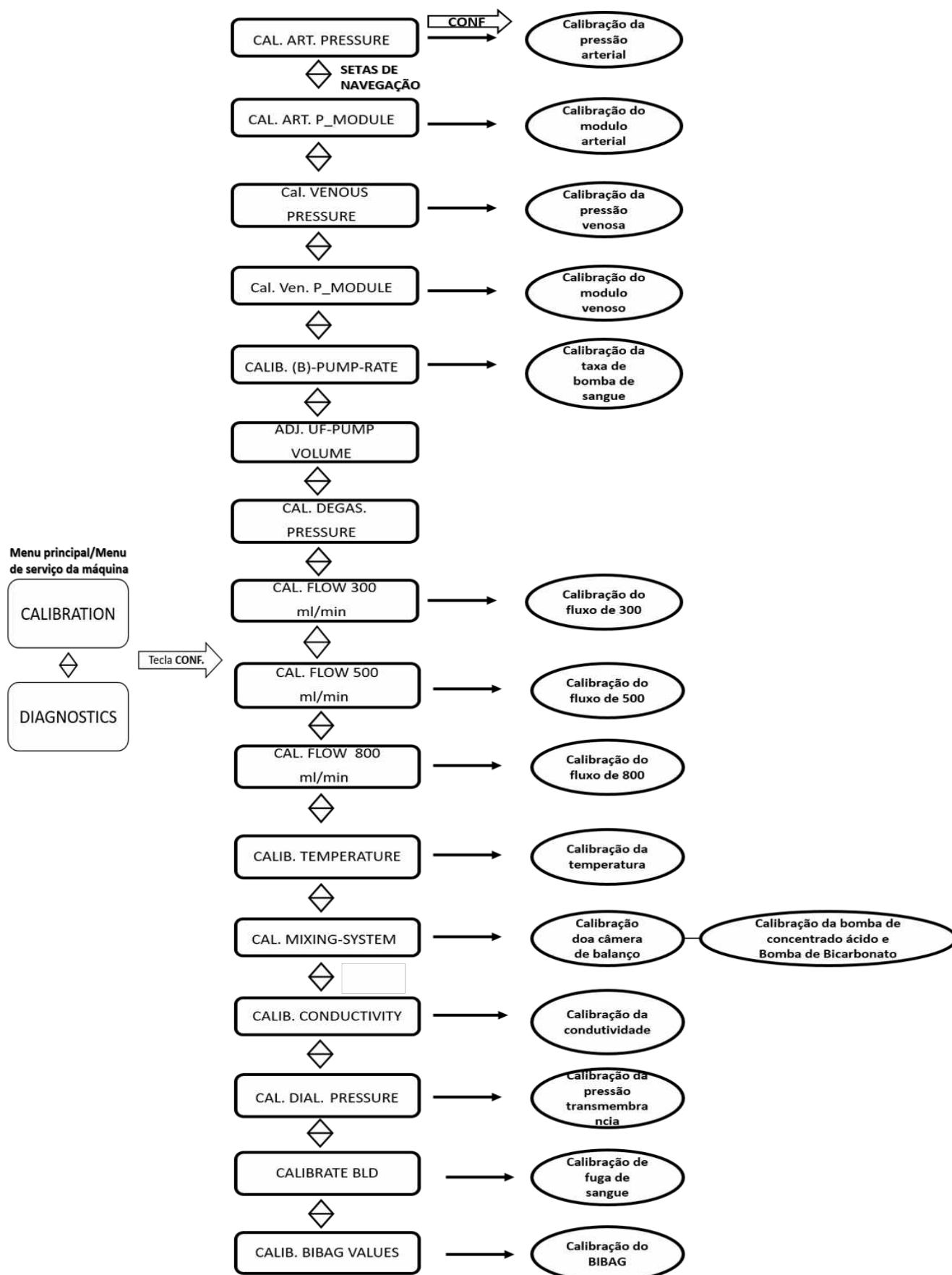


Figura 5 - Navegação de menu

4.1.3 Mensagens de calibração

- a) **INVALID:** mensagem de erro da máquina/falha da calibração;
- b) **ACKNOWLEDGED:** significa que foi salvo o valor específico alterado para certa calibração;
- c) **DATA STORED:** significa que calibração foi salva com sucesso;

4.2 PRÉ – PREVENTIVA

4.2.1 Limpeza externa

- Com o equipamento ainda desligado, limpe suas superfícies e partes externas com um tecido úmido e com um produto próprio de limpeza de superfície para remover sangue e outros agentes contaminantes. Esse produto poderá ser obtido junto à enfermagem do setor responsável por hemodiálise.

4.2.2 Conectar equipamento na fonte de água tratada por osmose.

A começar, deve-se conectar à máquina de hemodiálise na água tratada por osmose.

4.2.3 Desinfecção química

A desinfecção química é realizada da seguinte forma:

- Conecte a máquina no ponto de água tratada por osmose;
- Remova o BIBAG;
- Caso BIBAG estiver cheio, será necessário esvaziá-lo da seguinte forma:
 - Desconecte e conecte a ponteira azul, a máquina pedirá uma confirmação do procedimento, Confirme e então o esvaziamento será automático.
- Conecte as ponteiras na câmara de lavagem, conforme Figura 6;



Figura 6 - Ponteiras na câmara de lavagem

- Aperte botão Lavagem/Desinfecção, Figura 7, então entrará em outra tela apresentada na Figura 8, confirme e o processo de desinfecção será iniciado;

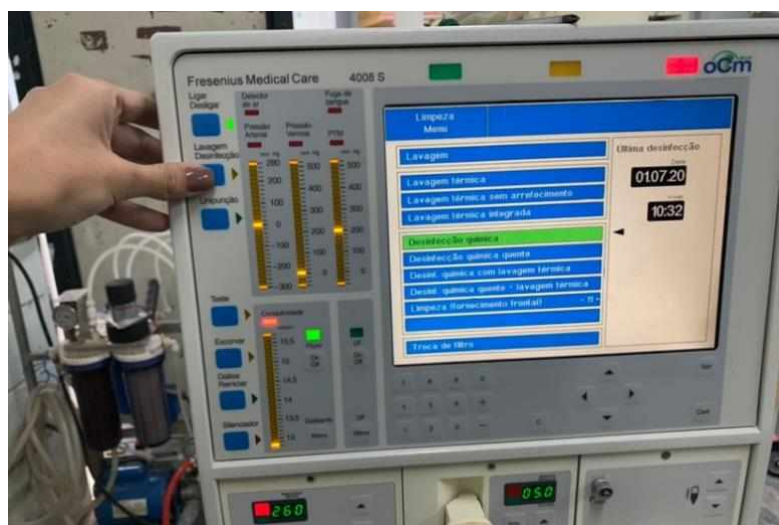


Figura 7 - Botão lavagem/desinfecção

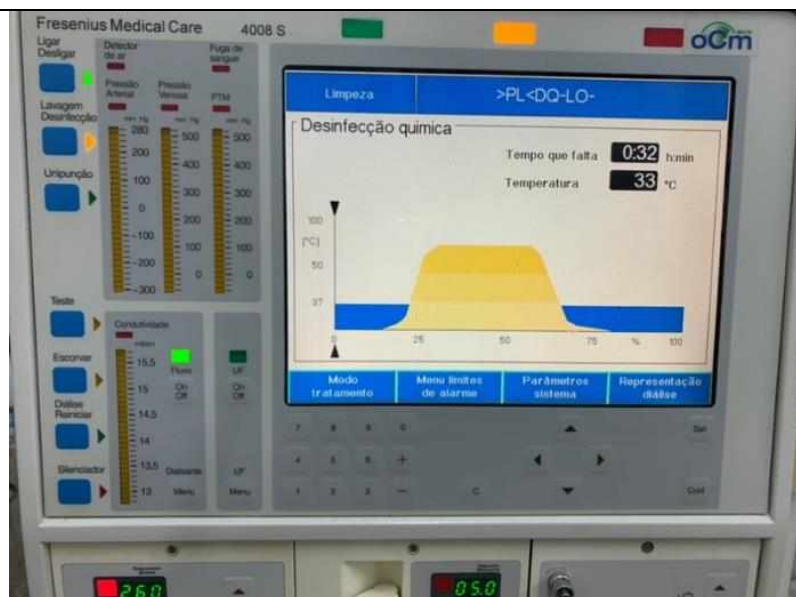


Figura 8 - Tela inicial de desinfecção

- Este processo demora aproximadamente 30 minutos.

4.2.4 Colocar máquina no modo de serviço

Nesta etapa a máquina deve ser colocada no modo de serviço, que fica localizada na parte traseira da máquina. Com uma chave de fenda deve-se colocar a chave para cima, Figura 9;



Figura 9 - Máquina em modo de serviço

4.2.5 Ligar equipamento

Ligue o equipamento como mostrado na Figura 10. Quando a máquina for ligada, automaticamente a tela inicial será inicializada, como mostrado na Figura 11;

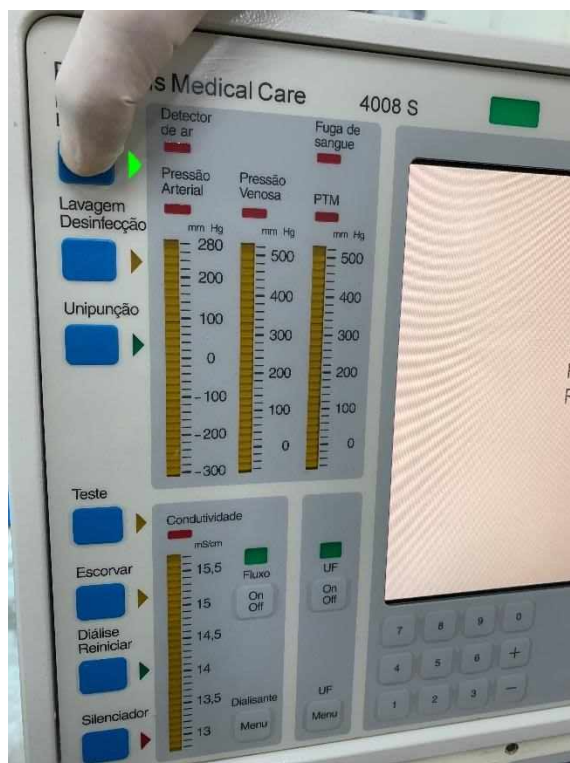


Figura 10 - Botão de liga/desliga

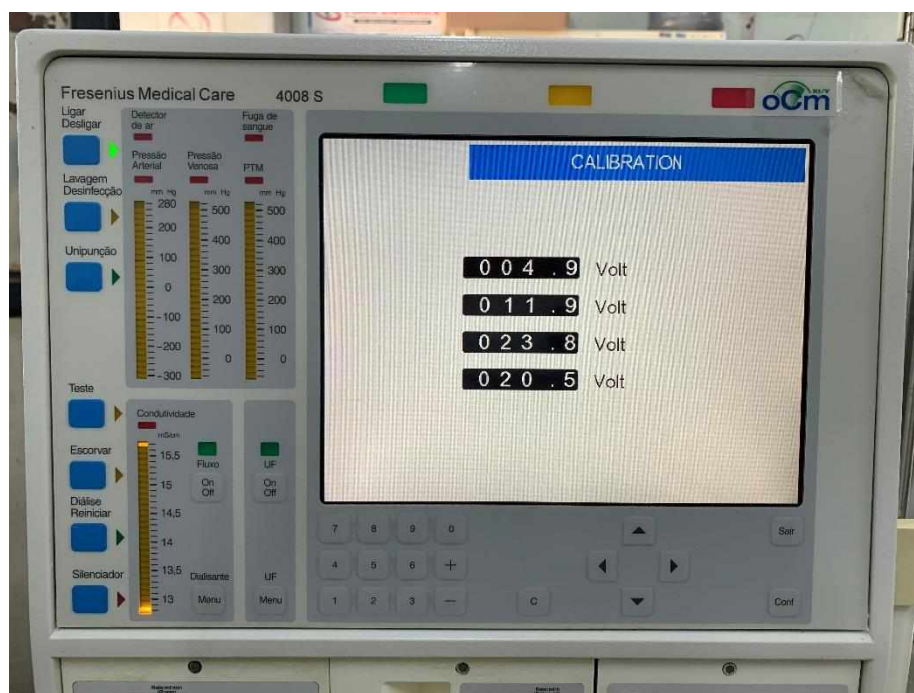


Figura 11 - Tela inicial

4.2.6 Entrar no modo de calibração da máquina

Para entrar no modo calibração, aperte o botão CONF., como mostrado na Figura 12;

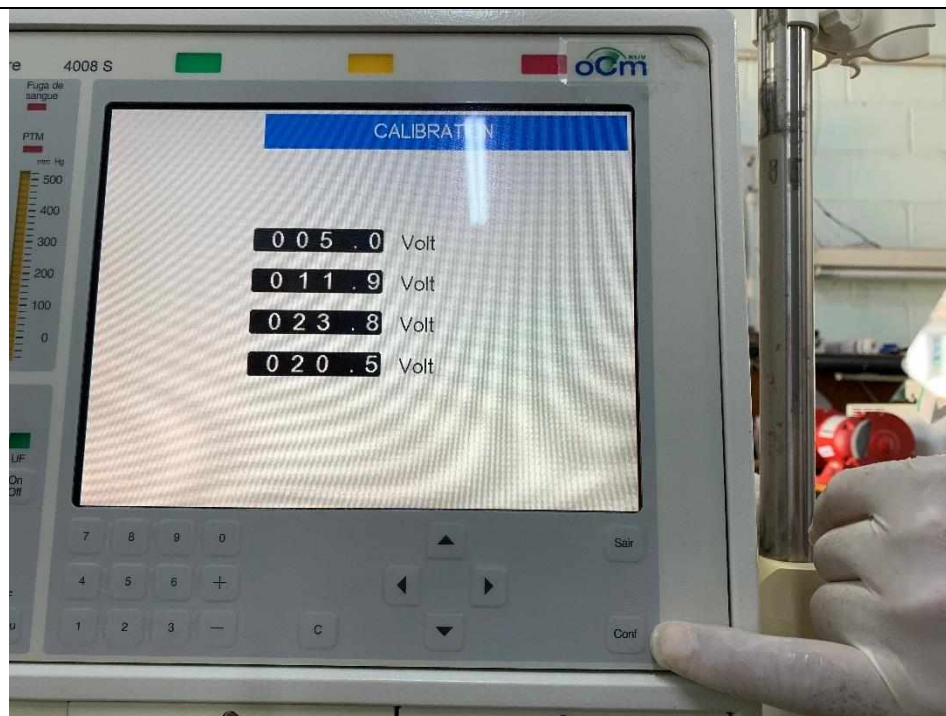


Figura 12 - Botão CONF

4.3 PREVENTIVA

ATENÇÃO: Para realizar as calibrações a seguir é necessário que a máquina esteja aberta.

Segue procedimento para abertura da máquina:

- Remova a tampa da câmara de lavagem, localizado na parte frontal da máquina e o anel azul do BIBAG da máquina, conforme Figura 13 e libere as mangueiras do bicarbonato (A) e concentrado (B);



Figura 13 - Remover tampa da câmara de lavagem

- Retire a proteção acrílica do filtro Diafase, conforme Figura 14;



Figura 14 - Proteção acrílica da Diafase

- Retire os 4 parafusos localizados na tampa traseira da máquina, conforme Figura 15;



Figura 15 – Parafusos

- Remova a tampa e retire o fio do terra, conforme Figura 16;



Figura 16 - Fio terra

- Com cuidado puxe a hidráulica da máquina para trás, conforme Figura 17;



Figura 17 – Hidráulica

4.6.1 Verificar pressões dos pontos A, B, C e D

OBS.: Estes pontos são localizados na parte traseira da máquina.

A Figura 18 mostra todos os pontos necessários:

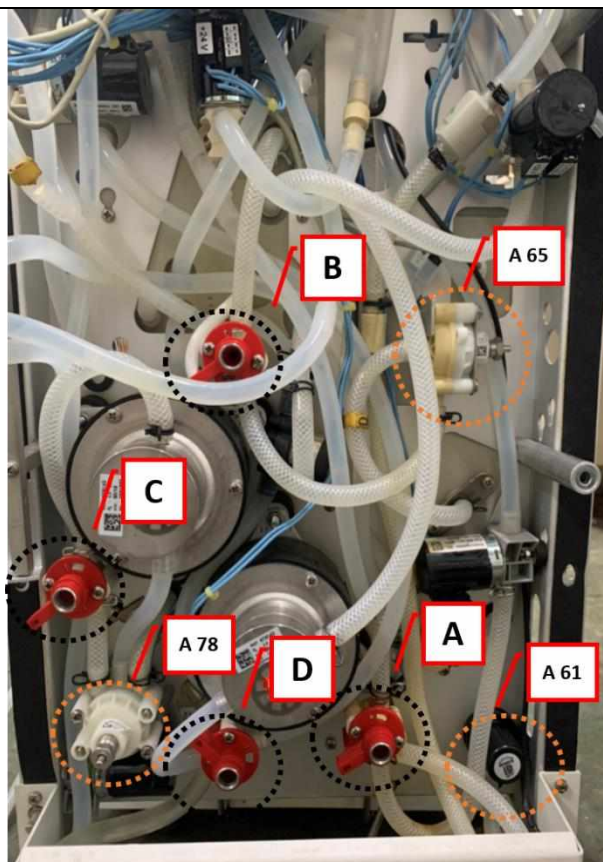


Figura 18 - Pontos A, B, C e D

- Com um manômetro digital meça a pressão no ponto A, o valor encontrado deve estar entre 0,9 a 1,40 BAR. A máquina deve estar com a osmose e fluxo ligado e com o banho conectado
 - ✓ A = 0,9 a 1,40 BAR
- Se o valor estiver fora, ajuste na válvula A 61, para realizar esse ajuste, puxe a válvula A 61, logo ela irá destravar, rode até colocar no valor certo e depois solte – a para travar novamente. Todo o procedimento é demonstrado na Figura 19;



Figura 19 - Ponto A, válvula A 61

- Com o manômetro medir a pressão no ponto B, onde o valor encontrado deve estar entre $1,45 \pm 0,05$, caso o desvio esteja maior que 5%, com a ajuda de um alicate, gire válvula A 65 no sentido horário ou anti-horário até encontrar o valor de 1,45 BAR, Figura 20;



Figura 20 - Ponto B, válvula a 65

- Para encontrar o ponto C, é necessário:
 - Ligar a máquina no modo de calibração;
 - Conecte o banho novamente, colocando as duas ponteiros na bombonas do concentrado ácido, Figura 21;



Figura 21 - Banho conectado

- Navegue até CAL. FLOW 800 ml/min, em “CALIBRATION”/CAL.FLOW 800ml/min” ligue o fluxo e confirme; aguarde a máquina fazer o processo de enchimento;
- Após processo de enchimento aparecerá o valor atual do volume, desligue o fluxo e então meça a pressão no ponto C com o manômetro; nesse ponto é necessário simular uma falta de água em alto fluxo (desligar o fluxo), para medição de pressão no ponto C gerar 2.2 BAR; se o valor estiver com um desvio muito grande, ajustar na válvula A 78, conforme demonstrado na Figura 22;



Figura 22 - Ponto C, válvula A 78

- Por fim, conectar manômetro no ponto D, para verificar a pressão negativa. O valor que deve ser encontrado, de acordo com a altitude da cidade de Uberlândia é de $-0,71$ a $-0,73$;
- Se a máquina estiver “descalibrada”:
 - Navegue em “CALIBRATION”/“CAL. DEGAS. PRESSURE”/“ADJUST DEGAS. – PRESS.” (conforme Figura 05), usando as teclas de + e - os valores até $-0,71$ a $-0,73$, conferindo tudo no manômetro que é conectado no ponto de medição D, Figura 23. Por fim salve as alterações.



Figura 23 - Ponto D

4.6.2 – Calibração da Bomba de Ultra Filtração (UF)

- Nesta calibração é necessário que a máquina esteja ligada no modo de serviço;
- Navegue em “CALIBRATION”/“ADJ. UF-PUMP VOLUME”/“UF – PUMP 1” (conforme Figura 5, para a essa parte da calibração será necessário que a máquina fique conectada na fonte de osmose e que as ponteiras do banho fiquem dentro de um recipiente com água limpa da osmose e também que a máquina esteja aberta para coletar a água na bomba UF;

O procedimento necessário para esta coleta é:

- Localize a bomba “UF” e “desfaça” a conexão tipo T, Figura 24, e para que a água não vaze tape a conexão do “t” que ficou aberta. Coloque a mangueira na bomba dentro de um recipiente previamente tarado na balança de precisão, Figura 25;



Figura 24 - Conexão tipo T



Figura 25 - Impedimento de vazamento e recipiente

- Navegue até “CALIBRATION”/“ADJ. UF-PUMP VOLUME”/“UF – PUMP 1” (conforme Figura 05) ligue o fluxo, confirme e então aperte a tecla UF, Figura 26, logo a máquina

começará a contar o número de pulsos da máquina, que totalizará a 60 pulsos, enchendo o recipiente;

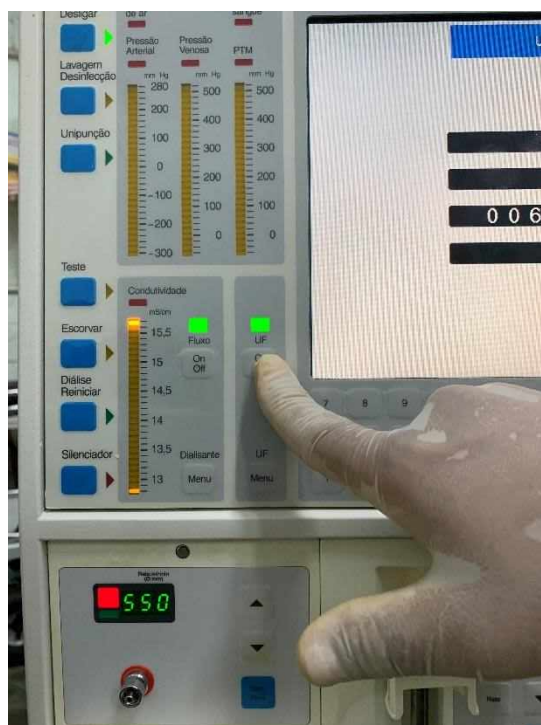


Figura 26 - Ligando Fluxo e UF

- Já com a contagem dos pulsos, se pesa a água e o peso deverá ser praticamente 60 gramas, sendo inaceitável qualquer margem de erros;
- Se o peso estiver fora do permitido, o ajuste deverá ser feito direto na bomba UF, conforme indica a Figura 27;



Figura 27 - Bomba UF

Para a realização desse ajuste, realizar o seguinte procedimento:

- Retire a proteção plástica da bomba UF, Figura 28;



Figura 28 - Proteção térmica da UF

- Com uma chave combinada 13 mm afrouxar a arruela da bomba, Figura 29;



Figura 29 - Arruela da UF

- Com uma chave de fenda, Figura 30, ajustar os valores:

- **SENTIDO HORÁRIO:** diminui o número de pulsos (diminui o peso);
- **SENTIDO ANTI HORARIO:** aumenta o número de pulsos (aumenta o peso);
- Conforme for girando com a chave de fenda, deve ir repetindo o procedimento de coleta d'água na bomba de UF para verificar qual está sendo a quantidade de fluxo da máquina e se está sendo ajustada corretamente;



Figura 30 - Calibrando UF

4.6.3 – Calibração do BIBAG

Esta calibração é realizada com a máquina aberta, conforme já dito anteriormente, adicionando somente a etapa de remover a tampa de alumínio, que está localizada na parte superior da hidráulica, conforme Figura 31;

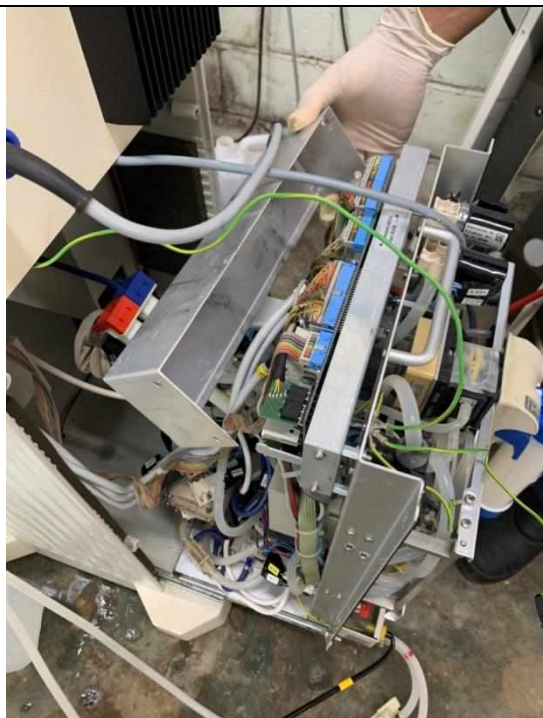


Figura 31 - Tampa de alumínio

- Para a calibração do BIBAG é feito com resistores padrões, que pode ser comprado direto com os representantes da empresa. Os resistores de precisão (conforme Figura 32) possuem valores de:
 - ✓ 10 K para calibrar temperatura do BIBAG;
 - ✓ 56 ohms para calibrar condutividade alta;
 - ✓ 104 ohms para calibrar condutividade baixa.



Figura 32 – Resistores

- A calibração é feita da seguinte forma:
 - Retire o conector da placa no pino x12, correspondente ao conector 108 (quarto conector de cima para baixo), Figura 33, e conecta-se o resistor de 10 K conforme Figura 34;
 - Navegue em “CALIBRATION”/”CALIB.BIBAG VALUES”/BIBGA Temp. – Adjust”, conforme Figura 05 então confirme;
 - Aparecerá na tela a mensagem DATE STORED, reconecte o conector 107 e dê sequência;

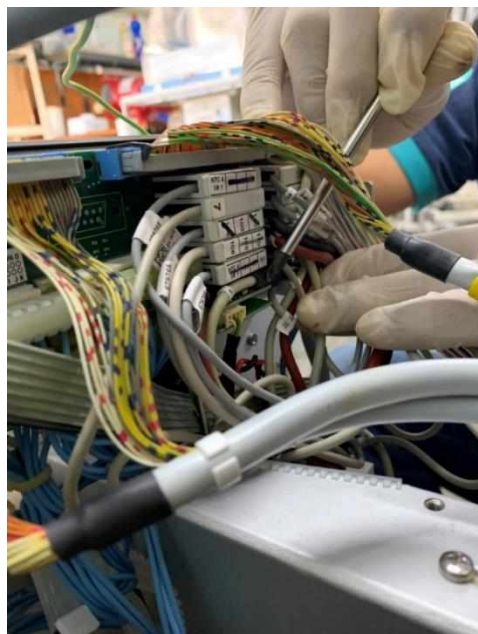


Figura 33 - Conector da placa pino x 12

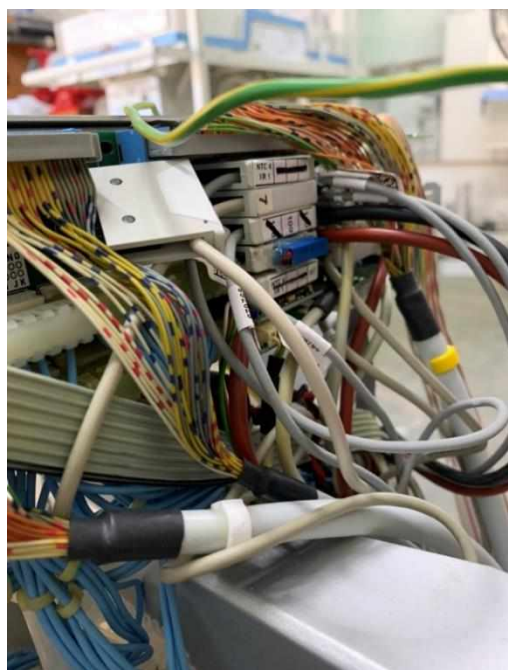


Figura 34 - Resistor 10 k no pino x 12

- Retire o conector do pino x13 (quinto conector de cima para baixo) conforme Figura 35 e conecte o resistor de precisão de 104 ohms conforme Figura 36, a mensagem “acknowledged” será exibida e automaticamente será exibida mensagem para conectar o próximo resistor que é 56 ohms, que também é conectado no pino 108. Retire o resistor de 104 ohms e conecte o resistor de 108 ohms;
- Uma vez dentro de CALIB. BIBAG VALUES/BIBAG Cond. – Confirme então com a tecla “conf” e a mensagem “Data Stored” será exibida após finalizado estes procedimentos esta etapa é concluída;
- Recoloque o conector encaixe a tampa e feche a máquina.



Figura 35 - Pino x 13



Figura 36 - Resistores 56 e 104 ohms no pino x 13

IMPORTANTE: A partir das próximas calibrações a máquina não deverá mais estar aberta, mas sim fechada.

4.6.4 – Calibração da pressão arterial

- Navegue em “CALIBRATION”/“Cal. Art. Pressure/ “Art. Pressure Check”;
- Ligue o analisador à máquina, Figura 37;



Figura 37 - Analisador Neo – 2

- No check deve gerar uma pressão de 0 a 210 mmHg no módulo arterial e comparar no analisador, conforme Figura 38, se estiver dentro dos valores esperados segundo o manual ($\pm 10\%$), não será necessário calibração do módulo;

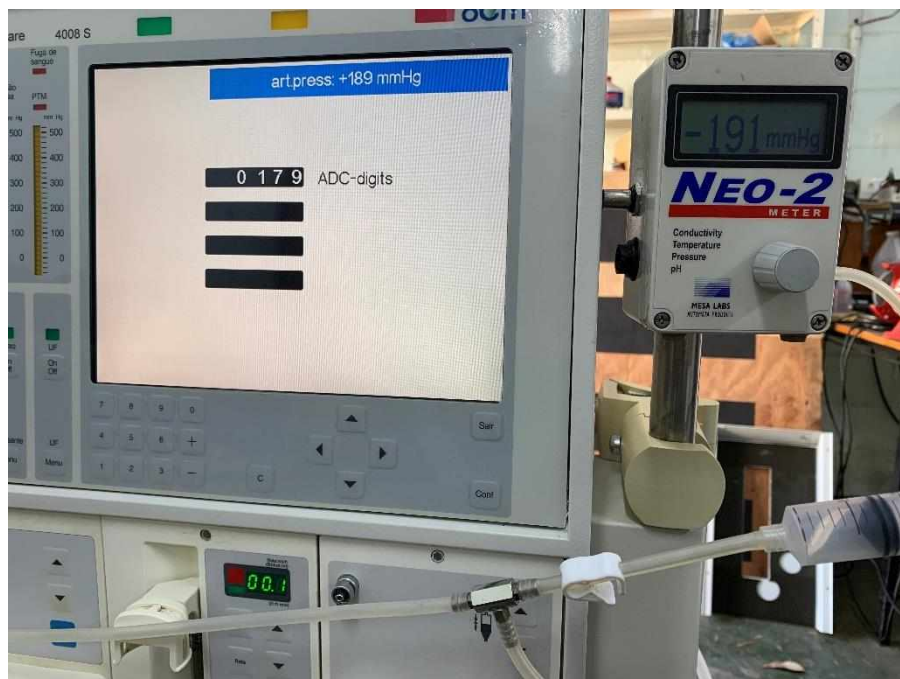


Figura 38 - Pressão de 0 a 210 mmHg

- Se for necessário calibrar, proceda da seguinte maneira:
 - Navegue até “CAL. ART. D_PRESSURE” e confirme. Nesta etapa vamos calibrar o máximo e mínimo da pressão arterial;
 - Sem aplicar nenhuma pressão verifique se a pressão exibida é igual a 0 mmHg, conforme Figura 39. Salve calibração e automaticamente irá para calibração de 210 mmHg, conforme Figura 40;

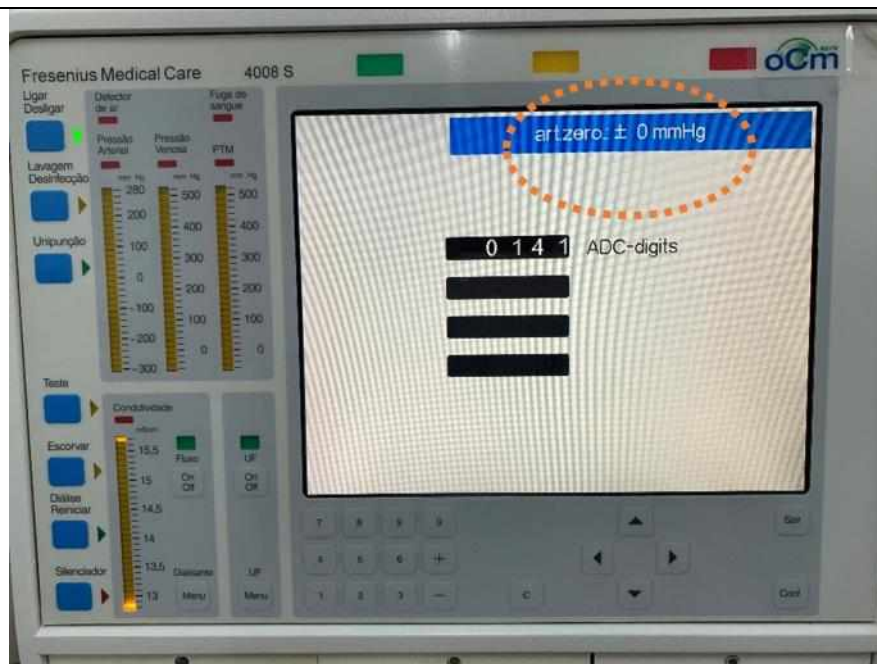


Figura 39 - art. Press em 0

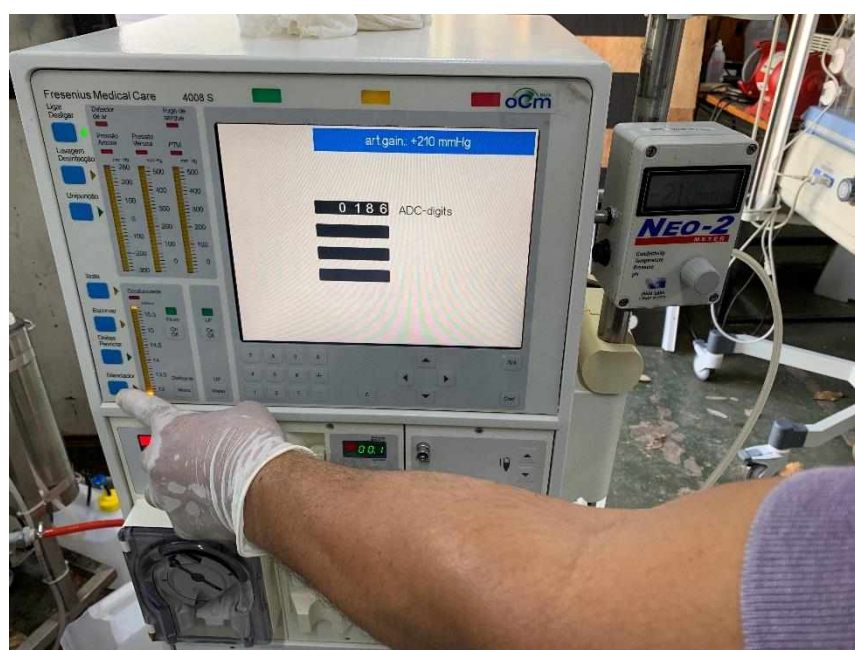


Figura 40 - Calibração de 210 mmHg

- A próxima tela é para conferir a pressão 210 mmHg. Com uma seringa, aplique 210 mmHg no analisador, quando esse valor foi atingido, salve;
- Para confirmar se calibração está correta use novamente a opção “Check”;

4.6.5 – Calibração da taxa de Bomba de Sangue

- Navegue em “CALIBRATION/“CALIB. (B) PUMP RATE”/“CALIB ART. BP – RATE” (conforme figura 05) e confirme;

- Navegue então até “(B) P – RATE 550 ml/min” e neste momento verifique no módulo a taxa exibida no display do módulo arterial, onde deverá ser igual a taxa exibida na tela de calibração “(B)(D) Rate550”, Figura 41;
- Caso esteja, com o botão Start/Stop inicie a calibração, Figura 41;

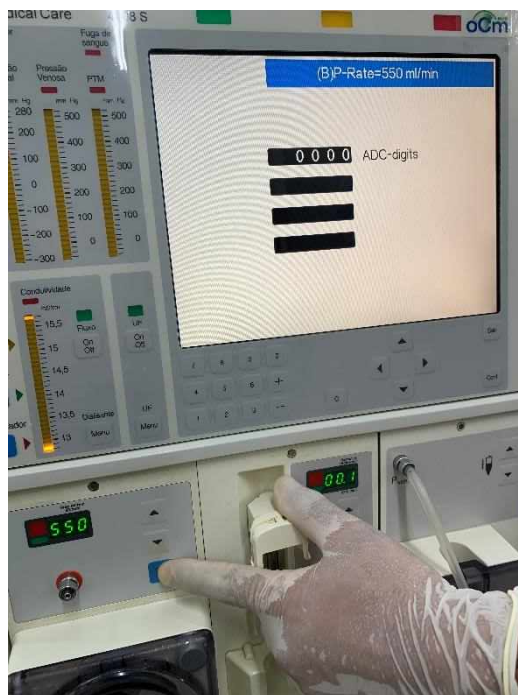


Figura 41 - Tela (B)(D) Rate550 e botão Start/stop

- O diâmetro da linha no módulo arterial deve ser igual a 8 ml. Caso esse não seja o valor, deve proceder da seguinte maneira:
 - No módulo arterial aperte a tecla start/stop onde a bomba vai parar de girar e em seguida **aperte as teclas para cima e para baixo simultaneamente**, Figura 42; No display aparecerá o valor “do momento”, com as setas se altera o valor para 8 ml e aperte novamente start/stop para confirmar;



Figura 42 - Teclas para cima e para baixo simultaneamente

- Em seguida mude o valor usando as setas para 550 ml/m e aperte start/stop para confirmar e a bomba voltar a funcionar novamente, ou seja, o valor apresentado no display do módulo arterial, é o mesmo do display principal, Figura 41;
- Para confirmar a calibração apertar a tecla silenciador;

4.6.6 – Calibração do módulo venoso

- Navegue no menu “CALIBRATION”/“CAL. VENOUS PRESSURE”/“Vem. PRESS. CHECK” (conforme Figura 5;
- Gere uma pressão de 0 a 500 mmHg e verifique se o valor encontrado no display é semelhante ao encontrado no analisador, Figura 43;



Figura 43 - Pressão 0 a 500 mmHg

- Caso valores não correspondam, seguir os procedimentos:
 - Navegue no menu “CALIBRATION”/“CAL. VENOUS PRESSURE”/“VENOUS PRESSURE”, sem aplicar pressão nenhuma verificar se o valor apresentado na tela principal é igual a 0 mmHg, Figura 44, confirme e automaticamente a máquina entrará então na tela de 500 mmHg, então aplique uma pressão de 500 mmHg e confirme, Figura 45;

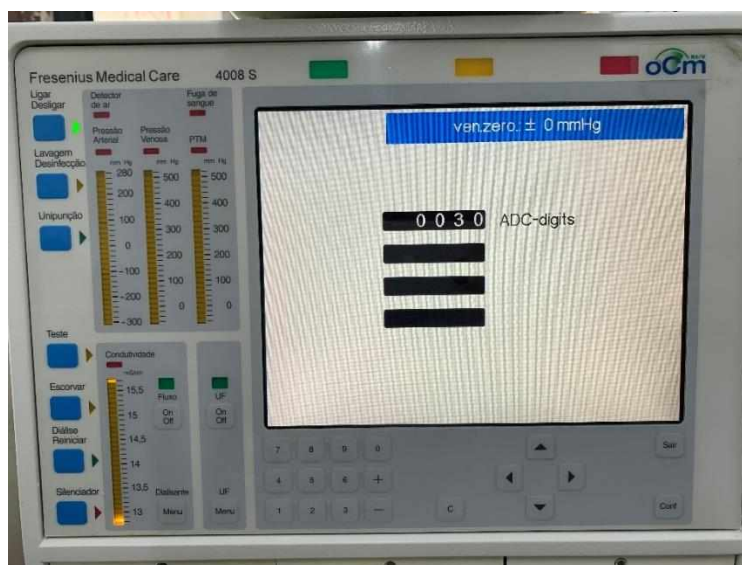


Figura 44 - valor de 0 mmHg



Figura 45 - Pressão de 500 mmHg

OBS.: Ao verificar se a pressão em 0, não estiver exatamente igual a 0, significa que o transdutor do módulo está com defeito e a máquina deverá ser enviada para a manutenção corretiva.

4.6.7 – Calibração da Bomba de Fluxo de 300 ML/MIN

- Neste processo da calibração a máquina precisa estar conectada a água de osmose e também aos banhos. Esperar o enchimento do bibag, Figura 46 e ligar o fluxo;



Figura 46 - BIBAG

- Navegue em “CALIBRATION”/ “CAL. Flow 300 ML/MIN”;

- Certifique que o fluxo esteja ligado, Figura 47;

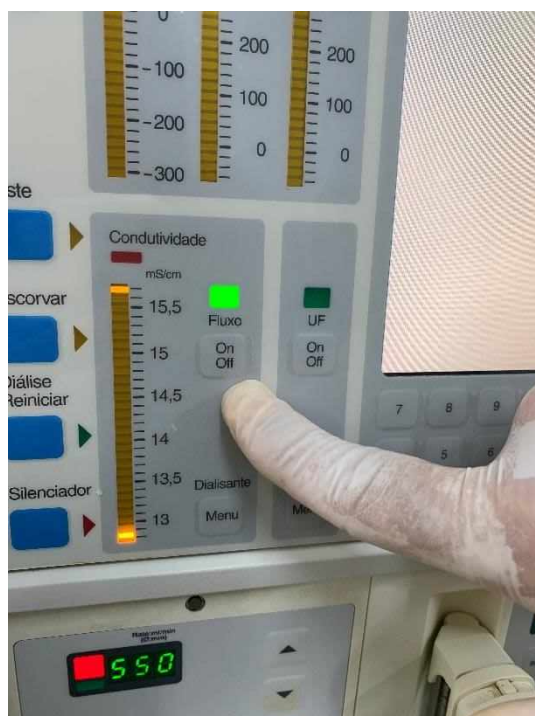


Figura 47 - Fluxo on/off

- Aguarde o processo de enchimento da DIASAFE, quando este processo estiver completo, automaticamente irá para tela “flow (300)”;
- Após o término de enchimento, o flow 300 será igual a x (valor encontrado), onde esse x deve ser igual a ± 300 (tolerância de 10%), Figura 48, se estiver fora do valor desejado, altere valores e depois salve;

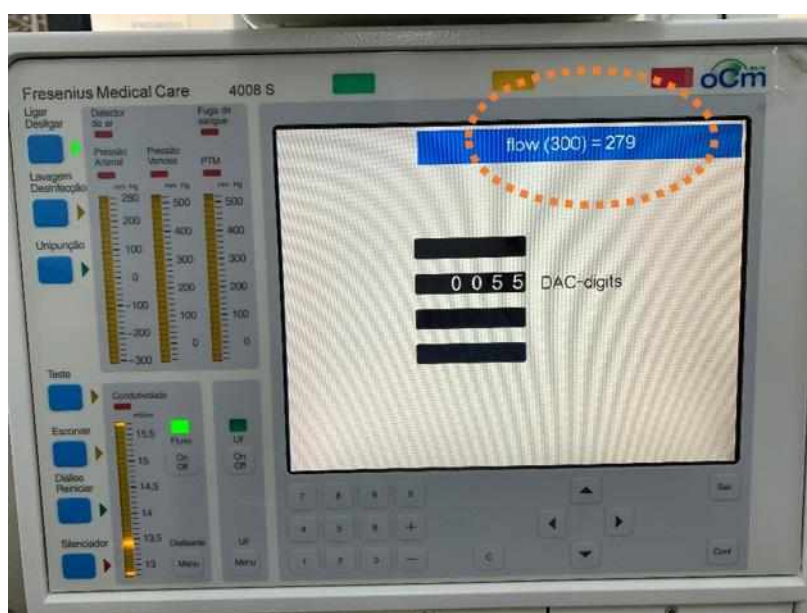


Figura 48 – ($x = \pm 300$)

4.6.8 – Calibração da Bomba de Fluxo de 500 ML/MIN

- Continuar com o fluxo ligado;
- Navegue até “CALIBRATION”/ “CAL. Flow 500 ML/MIN”, automaticamente irá para tela “flow (500)”;
- O flow 500 será igual a x (valor encontrado), onde esse x deve ser igual a ± 500 (tolerância de 10%), Figura 49, se estiver fora do valor desejado, altere valores e depois salve.

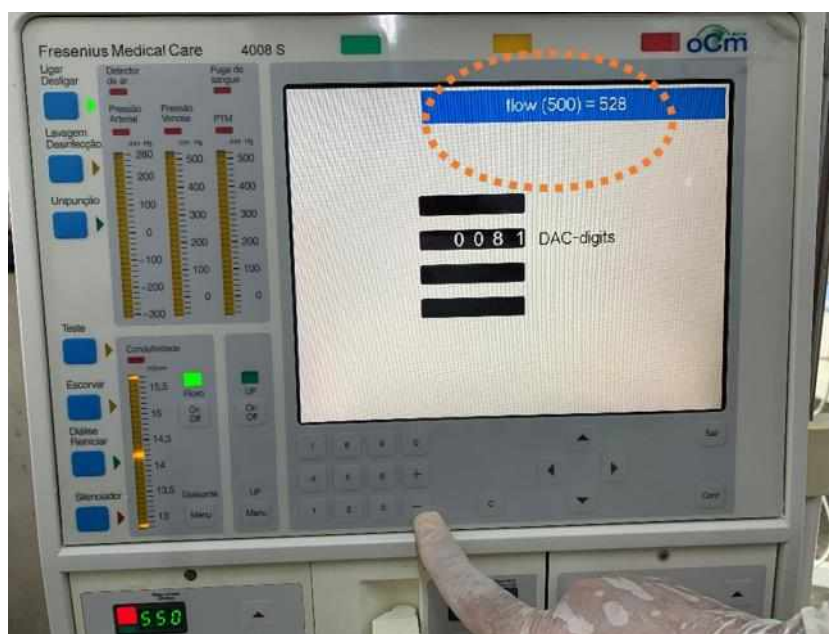


Figura 49 - ($x = \pm 500$)

4.6.9 – Calibração da Bomba de Fluxo de 800

- Continuar com o fluxo ligado;
- Navegue até “CALIBRATION”/ “CAL. Flow 800 ML/MIN”, automaticamente irá para tela “flow (800)”;
- O flow 800 será igual a x (valor encontrado), onde esse x deve ser igual a ± 800 (tolerância 10%), Figura 50, se estiver fora do valor desejado, altere valores e depois salve.

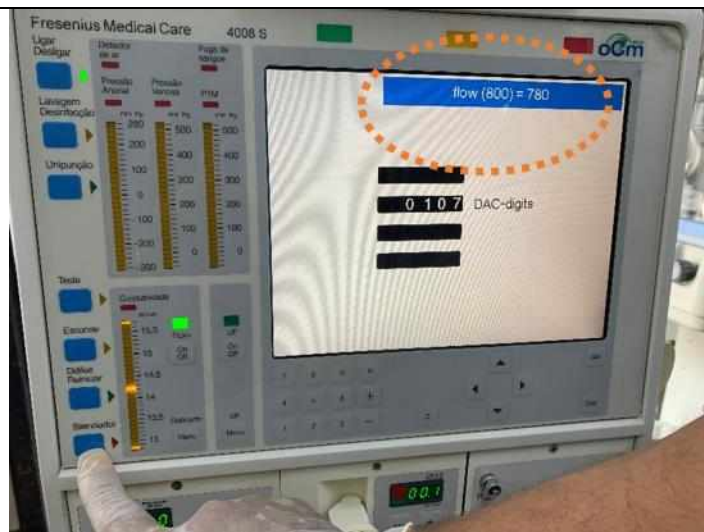


Figura 50 - ($x = \pm 800$)

- Caso valores estejam fora da tolerância permitida, o equipamento deverá ser enviado para manutenção corretiva;
- **Caso valores fiquem alternando entre 147 ou não conseguir calibração, também enviar máquina para manutenção corretiva, provavelmente problema no motor da bomba.**

4.6.10 – Calibração de temperatura

- Primeiramente conecte o analisador nos hansem, ligue e coloque em temperatura, Figura 51;



Figura 51 - analisador nos hansem

- O banho nesta calibração continua ligado;

- Navegue até “CALIBRATION”/“CALIB. TEMPERATURE”/ “Check. TEMPERATURE”. Na tela exibida verifique se o valor apresentado na tela principal de $\pm 37^{\circ}\text{C}$, é igual ao do analisador, com tolerância = $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, Figura 52;



Figura 52 - 37° C

- Caso valores não correspondam e máquina esteja descalibrada, prosseguir da seguinte maneira:
 - Navegue em “CALIBRATION”/“CALIB. TEMPERATURE”/ “Temp. ADJUSTMENT”, na tela ajustar os valores que não bateram anteriormente. Este valor é dado em uma palavra digital (DAC-digits) e deve ser alterado com as teclas de + e -, Figura 53;



Figura 53 - Palavra digital (DAC-digits)

- Observe o analisador, por mais ou menos 5 minutos, tempo necessário para máquina aquecer e verifique se após alteração de valores, temperatura entre máquina e analisador coincidem;

4.6.11 – Calibração de condutividade

O objetivo desta calibração é calibrar o máximo e o mínimo que de condutividade que o concentrado e o bicarbonato podem atingir quando misturados;

Observações para esta calibração:

- Os banhos da máquina devem ser novos, ou seja, devem ser trocados para esta etapa da calibração;
- Aguardar a temperatura estabilizar em 37°.
- Navegue em “CALIBRATION”/“CALIB. CONDUCTIVITY”/ “CONDCTIVITY Check”, verifique se valor apresentado na tela a seguir é igual ao do analisador, Figura 54;



Figura 54 – Analisador

- Com as setas selecione “concentrate setting” e “bicarbonate setting” e com as setas de + e - aumente ou diminua os valores (jogando qualquer valor apenas para realização de testes), salvando sempre quando o valor for alterado;
- Verificar se valores apresentados na tela principal da máquina, coincidem com o valor apresentado no analisador;
- Caso máquina esteja descalibrada, prosseguir da seguinte maneira:
 - Navegue em “CALIBRATION”/“CALIB. CONDUCTIVITY”/ “CONDUCTIVITY Set”, abrirá tela de calibração de condutividade, Figura 55;



Figura 55 - Tela de calibração de condutividade

- **Calibrando o mínimo de condutividade:** Coloque a máquina no menor valor (-10 para concentrado e -08 para bicarbonato) permitido em ambas das opções, o valor apresentado no analisador deve ser 12,80 Ms/cm, salve alteração. E automaticamente máquina irá para tela de calibração de máximo de condutividade;
- **Calibrando o máximo de condutividade:** o mesmo procedimento realizado para **Calibrando o mínimo de condutividade**, porém com os valores máximos sendo aplicados na máquina, sendo eles +10 para concentrado e +08 para bicarbonato. O valor esperado de ser visualizado no analisador é 15,7 Ms/cm;

OBS. 1: Se o analisador não conseguir atingir o valor de 15,7 Ms/cm, a própria máquina oferece a opção de alterá-lo, sendo esta opção o “alpha display”, onde o valor é alterado pelas teclas de + e -.

OBS. 2: Se máquina não conseguir ser calibrada corretamente, enviar máquina para manutenção corretiva.

4.6.11.1 – Calibração da compensação da condutividade pela temperatura

Essa calibração é necessária pois se a temperatura se altera, o banho se altera também.

- Para essa etapa, não é necessário o analisador;

- Navegue em “CALIBRATION”/ “CALIB. CONDUCTIVITY”/”TEMP/COND COMP Calib”;
- Espere a máquina estabilizar a temperatura em 35°, observando sempre a temperatura no display da própria máquina, Figura 56;

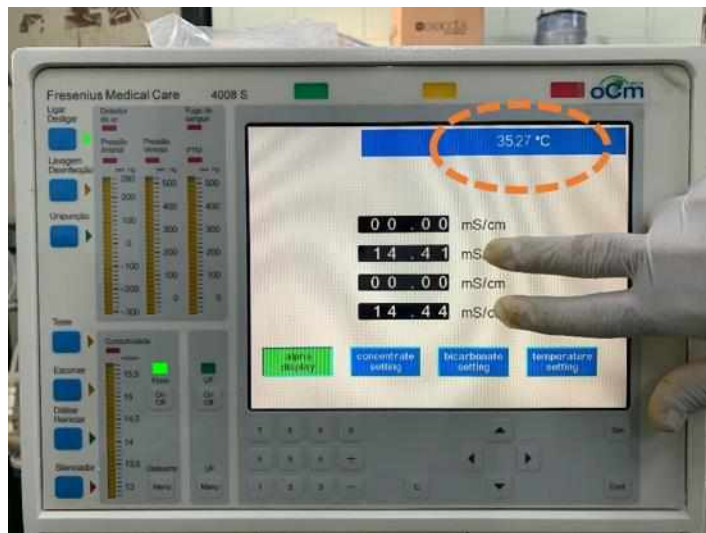


Figura 56 - Temperatura estabilizada em $\pm 35^{\circ}C$

- Quando a máquina estabilizar a temperatura, verifique no **segundo e quarto campo**, Figura 57, se a condutividade está entre 13.9 ms/cm a 14.5 ms/cm;

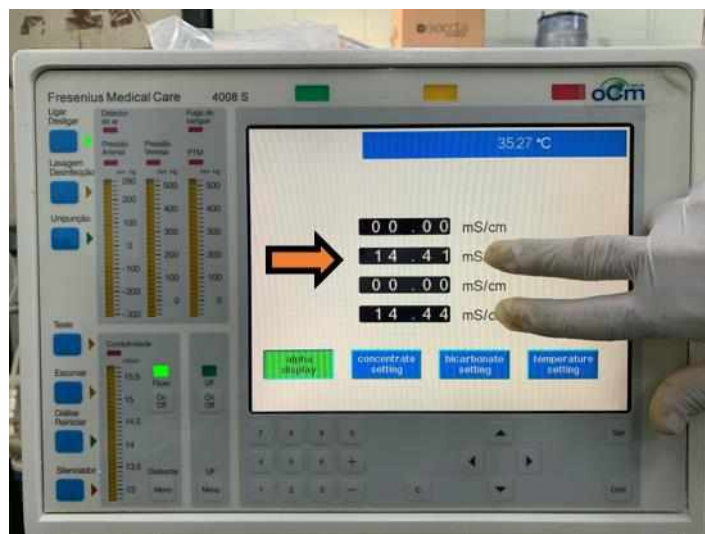


Figura 57 - Campo 02 com 35 °C

Caso não esteja:

- Altere com om as setas “concentrate setting” e “bicarbonate setting” e com as setas de + e - aumente ou diminua os valores até a máquina alterar os valores para o desejado, e valores fiquem entre 13.9 ms/cm a 14.5 ms/cm;
- Caso valor encontrado seja o esperado, salve.

- O próximo passo é aguardar a máquina atingir 39° e verifique se está dentro do padrão desejado (13.9 ms/cm a 14.5 ms/cm) **no primeiro campo**, Figura 58;



Figura 58 - Campo 01 com 39° C

- Se estiver dentro do desejado apenas salve, caso não esteja começamos o procedimento de calibração da condutividade pela temperatura desde o início;

4.6.12 – Calibração do OCM (online clears mensure)

OCM: é uma unidade exclusiva da Fresenius e da máquina de hemodiálise, ela traz informações importantes, como por exemplo, um gráfico informando ao profissional se o tempo da diálise programado para o paciente terá ou não um bom resultado.

- Verifique se a opção da OCM está habilitada, da seguinte forma:
 - Ligue o fluxo e navegue em “SETUP MENU”/“OCM SETTINGS”/ “OCM MEASUREMENT”, confirme e verifique se OCM está on ou off, alteramos com as teclas + e – caso esteja em off, Figura 59;

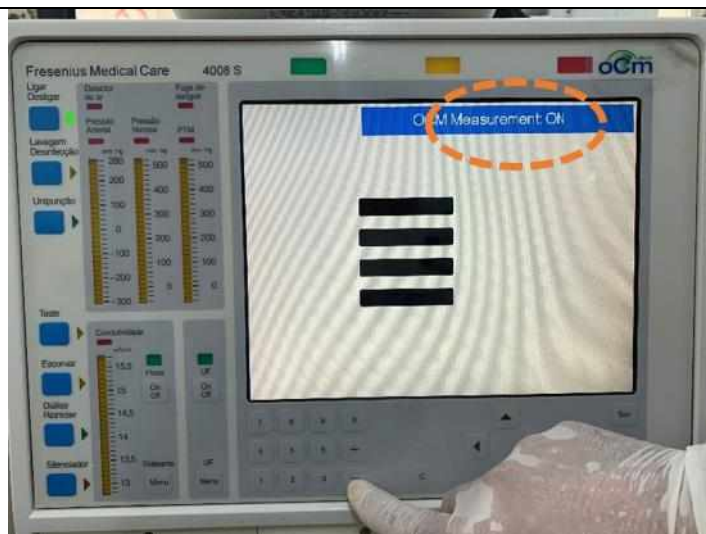


Figura 59 - OCM on/off

- Volte em “CALIBRATION”/ “CALIB. CONDUCTIVITY”/ “OCM PULSE calibr.”, ligue o fluxo e confirme;
- Neste procedimento ligue novamente o analisador de condutividade na máquina, e verifique se a condutividade no analisador está dentro de 13.9 a 14.5, Figura 60, quando atingir a condutividade desejada, salve. Caso não esteja dentro do valor desejado, altere a proporção do concentrado e do bicarbonato com as teclas + e – (lembrando sempre de salvar as alterações), até ficar dentro do desejado, confirme e a máquina automaticamente começa a calibração dos pulsos, que gasta de 10 a 15 minutos para completar, caso exceder muito deste tempo, pode significar que o processo de calibração deve ser reiniciado a partir da calibração de condutividade;



Figura 60 - Condutividade no analisador está dentro de 13.9 a 14.5

- **Caso o valor não atinja o desejado, enviar máquina para manutenção corretiva.**

- Após o término da calibração a máquina começa a alarmar e o botão “silenciador” começa a piscar, sinalizando que foi realizado a calibração e as telas ficarão se alternando entre “pos. Dialy” onde aparecerá um valor X1 e “neg. Dialy” onde aparecerá outro valor X2, Figura 61; A subtração desses dois valores deve ser menor ou igual a 25, ou seja:

$$X1 - X2 \leq 25$$

X1 = valor encontrado no neg. Dialy

X2 = valor encontrado no pos. Dialy



Figura 61 - neg. Dialy e pos. Dialy

- Caso o resultado seja o desejado apenas confirmar;
- Caso não atinja o valor desejado, verificar/realizar novamente a calibração da condutividade, da condutividade do bibag e a compensação de condutividade e temperatura;
- **Caso continue dando erro, enviar máquina para manutenção corretiva.**

OBS.: A calibração do OCM demora cerca de 15 minutos.

4.6.13 – Calibração de sensor de fuga de sangue

- PASSO 01:
 - Navegue em “CALIBRATION”/”Adjus BLOOD-LEAK”;
 - Caso no painel principal da máquina não estiver com 5 V, é necessário alterar a tensão (volt.bill.) para 5,0 V utilizando as teclas + e -;
 - Após valor estabilizar em 5,0 V salve em “silenciador”;
- Passo 02:

- Navegue em “CALIBRATION”/”Adjust DIMNESS”;
- Caso no painel principal da máquina não estiver com 5 V, é necessário alterar a tensão (volt.bill.) para 5,0 V, utilizando teclas de + e -;
- Após valor estabilizar em 5 V salve em “silenciador”;

OBS.: Se não conseguirmos ajustar para o valor desejado significa que existe um defeito nos sensores de fuda se sangue e máquina deverá ser encaminhada para manutenção corretiva.

IMPORTANTE: O banho deverá estar conectado para calibração a seguir.

4.6.14 – Volume da câmara de balanço

- Em “CALIBRATION”/”CAL.MIXING-SYSTEM”/”DET. BAL.CHAMBER vol.” para determinar o volume da câmara de balanço;
- Seguir procedimento a seguir:
 - PASSO 1:
 - Encha o recipiente com água da osmose, coloque as ponteiros (azul e vermelha) dentro do recipiente, Figura 62, acesse o modo de serviço, ou seja, “CALIBRATION”/”DET. BAL. CHAMBER vol.”;



Figura 62 - Ponteiros azul e vermelha em recipiente

- PASSO 2:
 - Para este procedimento é necessário uma balança calibrada;
 - Remova o rejeito da máquina (mangueira preta atrás da máquina), Figura 63;



Figura 63 - Mangueira do rejeito (preta) solta

- Ligue o fluxo novamente, resultando a saída de água no rejeito, neste momento com um copo de 200 a 300 ML, colete 3 jatos da água que sairá, desprezando sempre o primeiro jato, Figura 64;
- A ideia é ver quantos ML de água a máquina está rejeitando a cada pulso;



Figura 64 - Jatos d'água

- Logo após coletar a água, pesamos a quantidade coletada, Figura 65, o valor encontrado é dividido pela quantidade de pulsos coletado, ou seja, 3. O valor de cada pulso coletado deve ser igual a 30 ML;

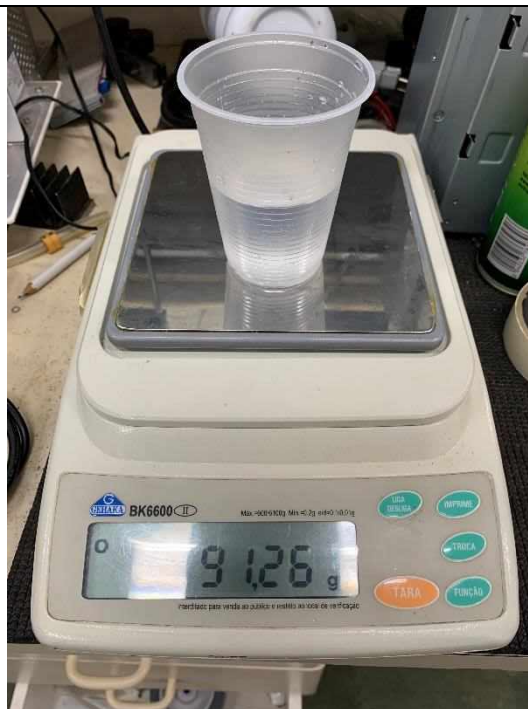


Figura 65 - Balança calibrada pesando jatos coletados

- Se o valor estiver fora, pode-se alterá-lo usando as teclas de + e – para regulá-lo, Figura 66, e salve;

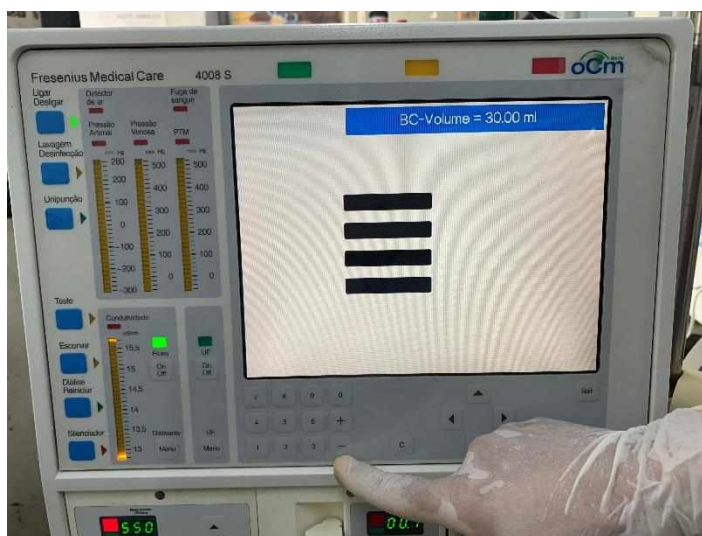


Figura 66 - Teclas de + e - para alterar valor

4.6.15 – Calibração da Bomba de Concentrado ácido e Bomba de Bicarbonato

- **Concentrado de ácido**

- Navegue em “CALIBRATION”/“CAL.MIXING-SYSTEM”/ “CONC.PUMP.VOL det.” para determinar a quantidade de volume do concentrado, ou seja,

descobrir qual o volume que a ponteira vermelha está aspirando e então compare com o manual;

- Encher um copo de 200 ml com água da osmose. Coloque o copo em cima da balança e tare a balança, Figura 67;

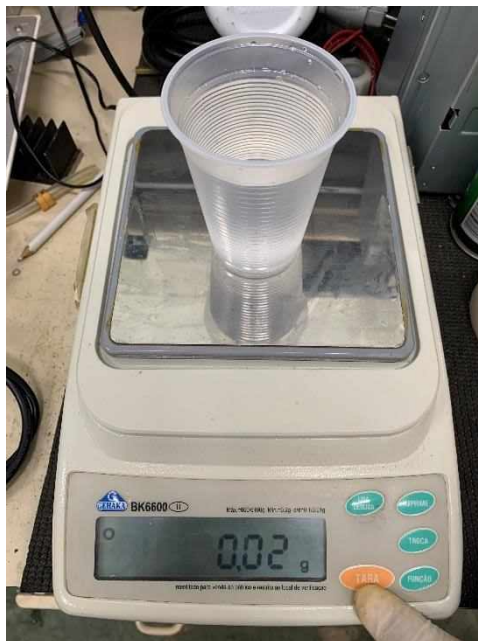


Figura 67- Balança tarada

- Em “CONC. PUMP. VOL. Det”/”START MAND.FILLING?”, confirme e aguarde o enchimento do circuito;
- Coloque a ponteira vermelha dentro do copo com a água da osmose já pesada pela balança tarada, Figura 68, e aperte a tecla silenciador **2 vezes seguidas**;



Figura 68 - Ponteira vermelha no copo

- Aguarde enquanto a máquina realiza a contagem dos pulsos;

- Após a máquina terminar a contagem dos pulsos, pesar novamente o copo com a água; então, divida o valor encontrado pela quantidade de pulsos (padrão 100);

$$X = \text{valor pesado na balança} \div \text{quantidade de pulsos} (100)$$

- Anote o valor resultante;
- O próximo passo é escrever o resultado da conta na memória da máquina, da seguinte forma:
 - Em “CALIBRATION”/CAL.MIXING-SYSTEM “cal. CONC – PUMP – VOL.”, confirme e confira se o valor que aparece na tela está igual ao resultado encontrado anteriormente, se o valor estiver diferente alterá-lo usando teclas de + e – e salve.

- **Bomba de Bicarbonato**

- Em “Calibration”/ “CAL. MIXING – SYSTEM”/“BIC. PUMP. Vol. Det.”, confirme e aperte o botão Silenciador e aguarde o enchimento do circuito;
- Encher um copo de 200 ml com água da osmose. Coloque o copo em cima da balança e tare a balança como na Figura 67;
- Coloque a ponteira azul dentro do copo com a água da osmose já passada pela balança tarada, Figura 69, e aperte a tecla silenciador **2 vezes seguidas**;



Figura 69 - Figura azul no copo

- Neste processo a máquina dá um total de 50 pulsos. Aguarde até a finalização do processo, pese a água que sobrar no copo e o resultado dividir pela

quantidade de pulsos que a máquina der, ou seja, 50 pulsos, para encontrar o valor que cada pulso irá puxar de água em ML; anote valor encontrado;

- Escrever o valor encontrado na memória da máquina, da seguinte forma:
 - Em “CALIBRATION”/ CAL. MIXING – SYSTEM/ “CALIB. BIC. – PUMP. – VOL.” (apertando a seta para cima uma única vez), confirme e verifique se valor dado na tela é o mesmo valor do resultado obtido anteriormente com o cálculo;
- Se valor estiver fora do calculado, alterá-lo usando teclas de + e –, e salve;
- Se a máquina der erro na hora da calibração, máquina deverá ser enviada para manutenção corretiva;

4.6.16 – Calibração da pressão transmembrânica (TMP)

Esta calibração é realizada para analisar a pressão que está no dialisador, para isso deve-se medir a pressão no nível do cata bolhas (sensor de ar), com os seguintes procedimentos:

- Inicialmente, monte o circuito, coloque um copo com água no nível do cata bolhas e coloque o analisador de pressão, que é medido em mmHg, Figura 70;



Figura 70 – Circuito

- Navegue em “CALIBRATION”/CAL.DIAL.PRESSURE”/”TMP-CHECK”, com o fluxo desligado, o valor de pressão apresentado na tela principal da máquina, deve ser igual ao apresentado no analisador, Figura 71;



Figura 71 - Comparação entre tela principal e analisador

- Para modificar a pressão basta fechar o clamp da mangueira, Figura 72, que está dentro do copo e ligar o fluxo e a UF por alguns segundos, Figura 73;



Figura 72 – Clamp



Figura 73 - Ligar fluxo e UF

- Se a máquina estiver descalibrada, máquina deve ser encaminhada para manutenção corretiva.

OBS.: Se a pressão estiver muito desequilibrada, o fluxo de sangue não será realizado corretamente.

4.6.17 – Calibração do cata bolhas

- Desparafuse com cuidado o módulo venoso, puxe o módulo com cuidado, até visualizar os LEDs da placa, conforme Figura 74;



Figura 74 – LEDs acesos

- Coloque o cata bolhas no suporte e feche a portinhola. Com o cata bolhas no suporte (circulado na Figura 75), verificar na placa se os LEDs 01 e 02 estão apagados, conforme Figura 75;



Figura 75 - LEDS apagados

- Retirar a cata bolhas do suporte e verificar se LEDs 01 e 02 estão acesos, conforme Figura 76;

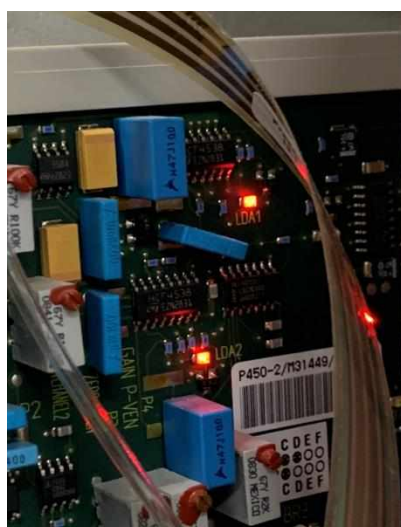


Figura 76 - LEDs 1 e 2 acesos

- Ou seja, com o cata bolhas na máquina, LEDs deverão estar apagados, retirando o cata bolhas, LEDs deverão estar acesos;
- **Caso os LEDs não funcionem corretamente, mandar equipamento para manutenção corretiva.**

4.6.18 – Teste do Clamp

- Coloque a mangeira do analisador no clamp, conforme a Figura 77, com duas entradas de ar, uma para conectar a seringa e outra para conectar no clamp venoso;



Figura 77 - Cata bolhas

- Aplique uma pressão no circuito através da seringa e observe o analisador, a pressão no analisador não pode cair menos de 100 BAR. Caso isso ocorra significa que o clamp não está funcionando perfeitamente, **logo máquina deve ser enviada para manutenção corretiva**;

4.6.19 – Calibração do Detector Óptico

- Para esta calibração é necessário um grey filter (pode ser usado filme antigo velado de fotos), instale-o no detector óptico, conforme Figura 78;



Figura 78 - Filme de fotos no detector óptico

- Navegue em “DIAGNOSTICS”/“Read inputs”/“READ DIGITAL INPUTS”/ “CPU1:RD DIGITAL INP”/“E:CP1_OD_IN”, quando confirmar, como o filtro está no detector, todos os 4 campos da tela devem ficar preenchidos com o número 0, conforme Figura 79;



Figura 79 - Campos preenchidos com 0

- Próximo passo é retirar o filme de fotos do detector, assim os campos devem ficar preenchidos com o número 1, conforme Figura 80;



Figura 80 - Campos preenchidos com 1

- **Caso sensor não estiver corretamente, encaminhar máquina para manutenção corretiva;**

4.6.20 – Calibração de Pressão do BIBAG

- É necessário um conector próprio para o bibag, Figura 81, para montar o circuito utilizado para esta etapa, conforme Figura 82;



Figura 81 - Conector BIBAG



Figura 82 – Circuito

- As ponteiros devem estar conectadas na câmara de lavagem, conforme Figura 83;



Figura 83 - Ponteiros conectadas na câmara de lavagem

- Conectar o circuito no lugar do bibag, conforme Figura 84;



Figura 84 - Circuito do BIBAG

- Em “DIAGNOSTIC”/“READ INPUTS”/“READ DIGITAL INPUTS”/“CPU1: RD DIGITAL INP”/“I:CPU1_BIBAG_PSW”, confirme;
- Com o auxílio da seringa, lentamente gere uma pressão, até que no display mude do estado 0 para 1, Figura 85, verificando também a pressão dada no analisador que deverá estar em ± 30 mbars (convertendo mmHg para mbars), Figura 86;



Figura 85 - Estado 1



Figura 86 - Analisador em ± 30 mbars

- Caso não mude o estado mesmo com pressão aplicada, máquina está com defeito no transdutor de pressão e deverá ser encaminhada para manutenção corretiva.

4.6.21 – Teste de segurança elétrica

- Ligue a tomada da máquina na tomada do Fluke e o terra do Fluke no terra da máquina, conforme Figura 87;



Figura 87 - Terras

- Configure no analisador a classe e o tipo do equipamento, conforme Figura 88. A máquina de hemodiálise é do **tipo 1 BF**;

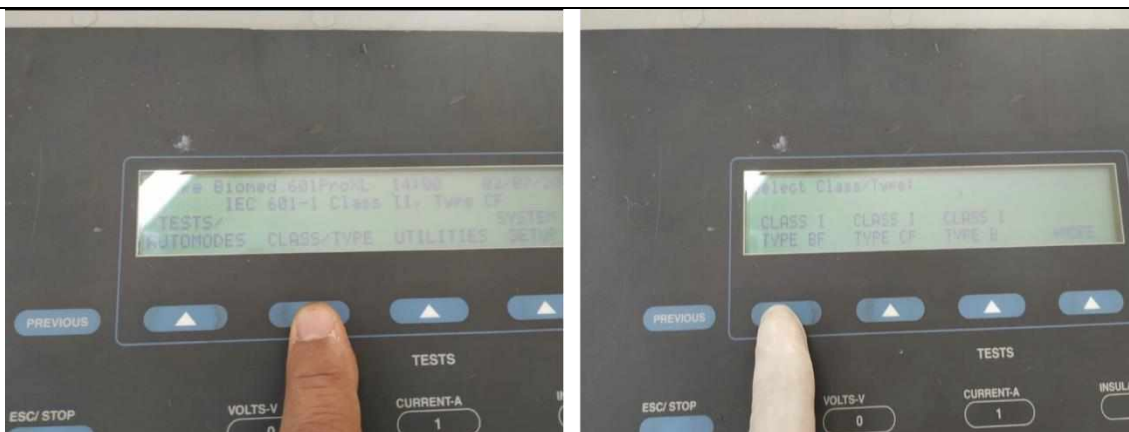


Figura 88 - Classe e tipo 1 BF

- Ligue a máquina;
- Selecione no analisador o tipo do equipamento e coloque na opção testes/automodes e confirme, Figura 89;

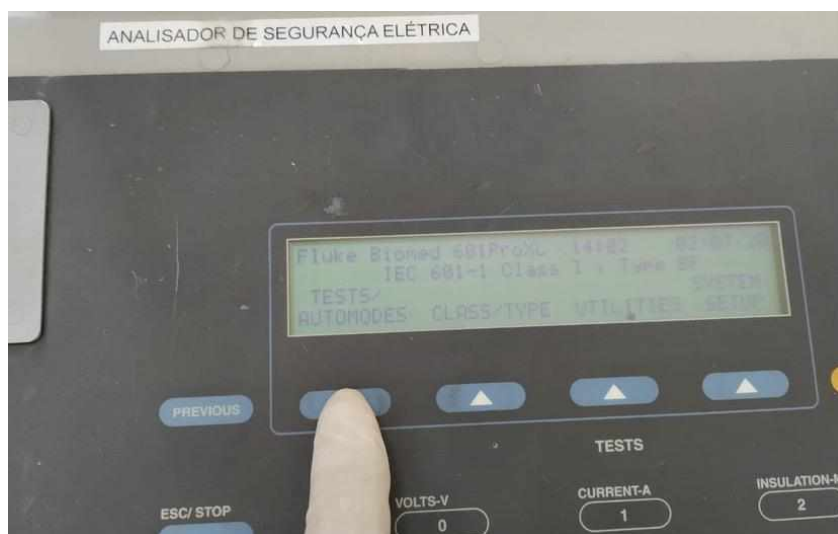


Figura 89 - Teste/automodes

- Aperte start, Figura 90, e iniciará automaticamente o teste de corrente. Para que ela passe neste teste, o valor encontrado no fluke não pode passar de 0.200 ohms;

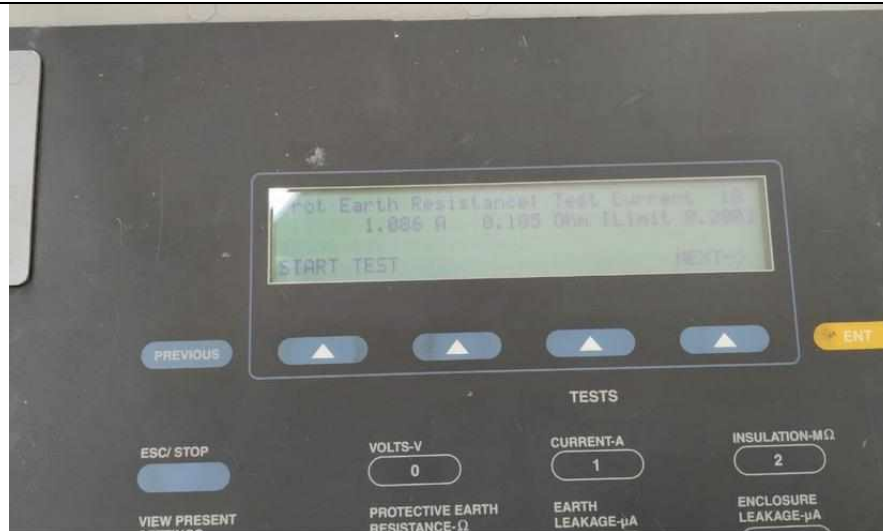


Figura 90 – Start

- Aperte next no Fluke e iniciará automaticamente outro teste, que é o de fuga;
- Após o teste ser feito aparece a mensagem de “Teste completed”, o que significa que a máquina passou no teste e está pronta para uso;

4.6.22 – Teste final, T1

Esse teste é realizado após todas as calibrações realizadas e feito a segurança elétrica.

- Desligue a máquina;
- Mude a chave traseira para o modo de trabalho, Figura 91;



Figura 91 - Chave traseira

- Conecte o banho na máquina, conforme Figura 92;



Figura 92 – Banho

- Conecte a água de osmose;
- Após ligar o teste T1 começará automaticamente, conforme Figura 93;



Figura 93 - Teste T1

- Se o teste não começar automaticamente verificar:
 - Se ponteira azul está conectada corretamente;
 - Se a ponteira laranja está realmente dentro do concentrado ácido;
- Após toda a verificação citada acima, caso não tenha começado automaticamente, aperte o botão teste, conforme Figura 94;

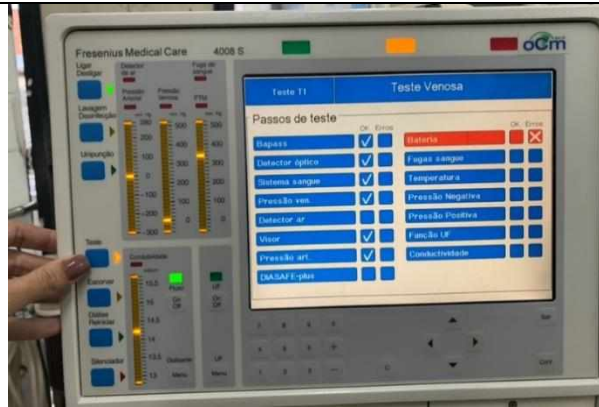


Figura 94 - Botão teste

- Existe ainda uma outra possibilidade de não ser liberado o auto teste da máquina:
 - A máquina estar com mais de 72 hrs parada, pois ela irá solicitar que seja feita a desinfecção química;
 - Depois da desinfecção feita, realizar o auto teste T1 (4.6.22);

4.6.23 – Identificação de preventiva

- Coloque e preencha a etiqueta de manutenção preventiva no equipamento, mostrada na Figura 95;



Figura 95 - Etiqueta preventiva

