

## Controvérsias em torno de dispositivos de assistência circulatória – as dimensões políticas e conceituais em jogo

Marisol Marini<sup>1</sup>

**Resumo:** No processo ainda quente e instável de produção de dispositivos de assistência circulatória diversos modelos e “gerações” de bombas foram e estão sendo desenvolvidas por engenheiros e médicos. Para os propósitos do argumento aqui posto compararei duas delas: a bomba de sangue ápico aórtica (BSAA) e o coração artificial auxiliar (CAA), desenvolvidas em um laboratório de bioengenharia localizado num importante hospital especializado em cardiologia da cidade de São Paulo. A controvérsia sociotécnica entre os diferentes dispositivos se expressa por meio de disputa de recursos e esforços de pesquisa, bem como dimensões conceituais. Cada um dos dispositivos aposta em recursos e soluções técnicas distintas, baseadas (ou não) em evidências médicas a respeito da adequação do uso em pacientes com graves cardiopatias. As diferentes soluções parecem estar associadas às distintas concepções sobre corpo e natureza presentes em cada uma dessas tecnologias, instituindo diversas formas de intervenção sob os corpos. Se por um lado o “coração artificial” é uma bomba pulsátil cujo movimento reproduz as funções do coração “nativo”, a bomba de sangue ápico-aórtica é um dispositivo de fluxo contínuo, que transforma a materialidade do corpo num sentido distinto daquele produzido pelo “coração artificial”. A disputa conceitual, entretanto, se dá em nome de uma agenda política, expressa em termos de avanço e prioridade tecnológica que acompanham os desdobramentos ocorridos nas últimas reuniões da ASAIO (American Society for Artificial Internal Organs, que relaciona-se às principais empresas de produção de órgãos artificiais do mundo), na qual as bombas pulsáteis têm perdido espaço para os dispositivos de assistência ventricular de fluxo contínuo.

**Palavras-chave:** Corpo, Órgãos Artificiais, Controvérsias Sociotécnicas.

### Introdução

---

<sup>1</sup> Mestre e Doutoranda do Departamento de Antropologia Social da Universidade de São Paulo (PPGAS-USP). A pesquisa é financiada pela FAPESP, orientada pela Profa. Dra. Heloísa Buarque de Almeida e co-orientada pelo Prof. Dr. Stelio Alessandro Marras.

Os dispositivos de assistência circulatória são bombas destinadas à substituição ou auxílio de corações “nativos” de pacientes que apresentam cardiopatias graves. Sua produção é legitimada pela insuficiência de órgãos à disposição para transplantes. Considerada uma das condições que mais mata atualmente no Brasil, as doenças cardíacas demandam uma série de intervenções, que no limite chegam à substituição do órgão. Diante do débito de órgãos disponíveis em relação ao número de pacientes que necessitam de transplante, técnicas para prolongar a vida e soluções alternativas ao transplante de órgãos humanos são necessários.

Normalmente tais dispositivos são utilizados quando as soluções medicamentosas não dão mais conta de manter o organismo estável e não há órgão disponível para ser transplantado. O principal propósito dessas tecnologias, portanto, é proporcionar sobrevida aos pacientes que aguardam na fila de espera por um coração saudável e compatível que possa ser transplantado.

Produzidas a partir de materiais biocompatíveis com o humano, fundamentadas em pesquisas a respeito de bombas associadas ao conhecimento biomédico e biológico sobre o corpo e seu funcionamento, as bombas de assistência circulatória são classificadas em distintas categorias. Elas se diferenciam pelo tipo de bombardeamento, quanto ao modo de acionamento, em relação ao seu posicionamento no corpo e por sua aplicabilidade. O bombardeamento pode ser pulsátil ou não-pulsátil. O modo de acionamento pode ser pneumático, eletrohidráulico, eletromecânico ou eletromagnético. O posicionamento pode ser paracorpóreo ou intracorpóreo.<sup>2</sup> As aplicações possíveis são: Circulação Extracorpórea (CEC), na qual a bomba é utilizada durante o ato cirúrgico, junto à máquina de circulação extracorpórea por onde o sangue passa, substituindo as funções do coração e do pulmão. Ponte para recuperação, na qual a bomba é utilizada para auxiliar a função cardíaca, oferecendo suporte circulatório até que a bomba possa ser retirada, facilitando a recuperação do paciente. Terapia de destino, que ocorre quando um paciente não é indicado para passar por um transplante cardíaco (não corresponde ao perfil de receptor de órgão), mas precisa de um suporte para o coração. Nesse caso a bomba é utilizada para recuperar um paciente debilitado e melhorar suas condições clínicas. Ponte para transplante, na qual a bomba mantém o paciente vivo enquanto aguarda por um órgão compatível. Ponte para decisão, que é a

---

<sup>2</sup> O dispositivo paracorpóreo permanece fora do corpo do paciente, conectado ao coração por cânulas transcutâneas que atravessam a pele, enquanto o intracorpóreo é instalado no interior do corpo, posicionado na cavidade torácica ou na cavidade abdominal abaixo do diafragma.

utilização de uma bomba descartável em um paciente que deverá receber um implante de uma bomba de sangue para assistência prolongada. Nesse caso o paciente não necessita de cirurgia cardíaca para implante da bomba, mas sim a realização de um procedimento para introdução de cateteres de forma percutânea via artéria e veia femoral.

São inúmeros os dispositivos desenvolvidos a partir das características descritas acima, que podem ser combinados de maneiras distintas, resultando nas seguintes classificações de bombas de assistência circulatória: Coração Artificial Ortotópico ou Total, Coração Artificial Heterotópico ou Auxiliar<sup>3</sup>, Dispositivo de Assistência Ventricular e Dispositivo de Suporte Circulatório Temporário. O Coração Artificial Ortópico substitui o órgão “nativo”; o Coração Artificial Heterotópico é instalado junto ao órgão nativo, que é mantido; o dispositivo de assistência ventricular, pode auxiliar apenas um, ou ambos os ventrículos; E por fim, o dispositivo de Suporte Circulatório Temporário, utilizado durante procedimentos cirúrgicos, substituindo as funções do coração e do pulmão. O Coração Artificial Total é uma bomba de fluxo pulsátil, com duas câmaras de bombeamento que substitui totalmente o coração “nativo”. O Coração Artificial Auxiliar difere-se do primeiro por ser implantado junto ao órgão nativo. O Dispositivo de Assistência Ventricular ou DAV é uma bomba de sangue de fluxo pulsátil ou contínuo, centrífugo ou axial, uni ou biventricular, utilizada para dar assistência ao ventrículo doente (geralmente o esquerdo). O dispositivo de Suporte Circulatório Temporário é uma bomba descartável, centrífuga e de fluxo contínuo, utilizada na Circulação Extracorpórea (CEC), na Circulação Extracorpórea com Oxigenador de Membrana (ECMO) ou Suporte Circulatório Temporário (SCT).

Exceto pelo primeiro – o Coração Artificial Ortotópico<sup>4</sup> – todos os outros tipos são desenvolvidos no laboratório onde a pesquisa é realizada e encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento. Entre as bombas implantáveis desenvolvidas na

---

<sup>3</sup> A categoria de bombas coração artificial auxiliar é descrita na tese de uma das engenheiras como uma classificação distinta. No entanto, essa parece ser uma classificação local, uma invenção surgida no laboratório. Porém não há consenso quanto à essa classificação. Outro engenheiro me disse que os corações artificiais auxiliares devem ser entendidos como um DAV. A distinção nesse caso é dada entre bombas que eliminam o coração “nativo” e aquelas que são aplicadas no próprio órgão. Nesse sentido, o coração artificial auxiliar, ao manter o órgão, seria considerado um dispositivo de assistência ventricular. Seu aspecto híbrido, entretanto, permitiu ao seu criador criar uma terceira classificação

<sup>4</sup> Possivelmente esse é considerado um modelo “antigo” e mais invasivo, uma vez que elimina o coração “nativo”. Os argumentos a respeito do “coração artificial” e da BSAA iluminarão e nos ajudarão a compreender melhor essa questão.

instituição, o “coração artificial”<sup>5</sup> é a única que funciona por mecanismo pulsátil. Este é o principal motivo pelo qual ele foi escolhido como o principal objeto/sujeito da pesquisa. O fato de ser pulsátil significa que respeita a pulsação arterial, que corresponde às variações de pressão sanguínea na artéria durante os batimentos cardíacos (ciclo de expansão e relaxamento das artérias do corpo).

Embora o intuito da pesquisa seja reconstituir o processo de desenvolvimento do “coração artificial”, a pesquisa etnográfica tem apontado para o rendimento da aproximação e comparação entre o “coração artificial” e a bomba de sangue ápico aórtica (BSAA), que se trata de um dispositivo de assistência ventricular, porém de fluxo contínuo. Tal bomba é conhecida (sobretudo internamente, no âmbito do laboratório e do hospital) pelo nome de um importante médico brasileiro, uma figura política importante e grande incentivador do projeto.<sup>6</sup> Envolvido desde a primeira iniciativa de desenvolvimento de um coração artificial no Brasil, na década de 1960, ele apoiou e facilitou a produção do projeto até 2014, quando faleceu. As primeiras tentativas de desenvolver uma tecnologia relacionada à assistência circulatória tiveram que ser abandonadas em 1960, considerando que ainda não havia condições técnicas apropriadas e nem a disponibilidade de materiais biocompatíveis necessários para seu desenvolvimento no Brasil. Em 1984, no entanto, uma fundação foi criada, e desde então tem produzido tecnologia e produtos que são vendidos para manter a própria instituição e novas pesquisas<sup>7</sup> (que contam também com outras fontes de financiamento). Esse médico considerava que havia sido necessário o estabelecimento de uma divisão de bioengenharia desenvolvida para que os projetos pudessem ser realizados, além da disponibilidade de tecnologia necessária. A fundação leva o seu nome e carrega sua profunda influência desde a origem.

Considerando que a comparação entre o “coração artificial” e a BSAA pode iluminar as controvérsias presentes no laboratório, além elucidar os diferentes

---

<sup>5</sup> Embora seu nome oficial seja coração artificial auxiliar, seus desenvolvedores comumente se referem a ele somente como coração artificial, por isso esta será a forma empregada aqui. As aspas serão utilizadas para se referir especificamente ao coração artificial brasileiro analisado.

<sup>6</sup> Informalmente alguns dos membros do laboratório me disseram que chamar o dispositivo uni ou bi-ventricular de “coração artificial” representava uma espécie de apelo, uma estratégia de marketing ou uma tradução do conceito da bioengenharia para a público leigo que possibilitava um destaque à essa tecnologia na sociedade em geral. Por outro lado, podemos considerar que chamar a BSAA pelo nome do médico pode tratar-se de uma estratégia para angariar recursos e apoio para o seu desenvolvimento.

<sup>7</sup> Essa é mais uma perspectiva do que realidade, uma vez que atualmente a manutenção da fábrica tem sido revista, dado que ela tem gerado muitos gastos e foi avaliada como improdutiva pela atual administração do hospital.

argumentos e concepções presentes em cada uma das tecnologias, trata-se agora de descrevê-los.

O “coração artificial” começou a ser desenvolvido em 1998<sup>8</sup> e desde então passou pelos testes de bancada, ou os chamados testes *in vitro*, em seguida passou pelos testes *in vivo*, nos quais foram empregados porcos e bezerros para testar a eficiência da bomba e o procedimento cirúrgico, e agora aguarda aprovação para ser avaliado em humanos.<sup>9</sup> Embora já tenha sido aprovado pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), o projeto passa por entraves burocráticos e dificuldades técnicas.<sup>10</sup>

Seu projeto inicial, identificado sobretudo com a tese de doutorado de um dos membros do laboratório, foi pensado como um coração artificial auxiliar total, ou seja, biventricular. Trata-se, no entanto de um sistema duplicado que pode ser utilizado em um ou ambos os ventrículos. De acordo com informações do projeto, a bomba foi dimensionada para proporcionar 8 L/min de sangue<sup>11</sup>, com uma pressão de entrada menor que 10mm Hg, consideradas suficientes para suporte circulatório. O projeto procurou garantir uma boa eficiência da bomba, associada à possibilidade de não provocar um alto índice de hemólise, ou seja, destruição de células do sangue (hemácias).

Tal tese de doutorado foi dedicada ao pai e à mãe do engenheiro responsável pelo projeto, que haviam morrido. O pai repentinamente vítima de doença cardíaca e a mãe por conta de um câncer que a matou lentamente. Ao final da dedicatória, seguindo a narrativa da perda dos pais, o autor demonstra seu desejo de que tal pesquisa seja conduzida sob a benção de Deus, com a esperança de que gere frutos, ou seja, torne-se

---

<sup>8</sup> O ano de 1998 foi marcado pela defesa de tese de doutorado de um dos membros do laboratório, que havia feito estágio no EUA. De acordo com informações que obtive em conversas informais, um coração artificial estava sendo desenvolvido no laboratório americano no qual trabalhava e, ao voltar para o Brasil, ele pediu autorização para desenvolver uma tecnologia baseada naquela (no entanto, um coração artificial heterotópico, ao invés de ortotópico, como o modelo lá desenvolvido). O ano marcado como início do desenvolvimento do “coração artificial”, portanto, é associado ao momento no qual havia um produto materializado surgido a partir de tal tese de doutorado.

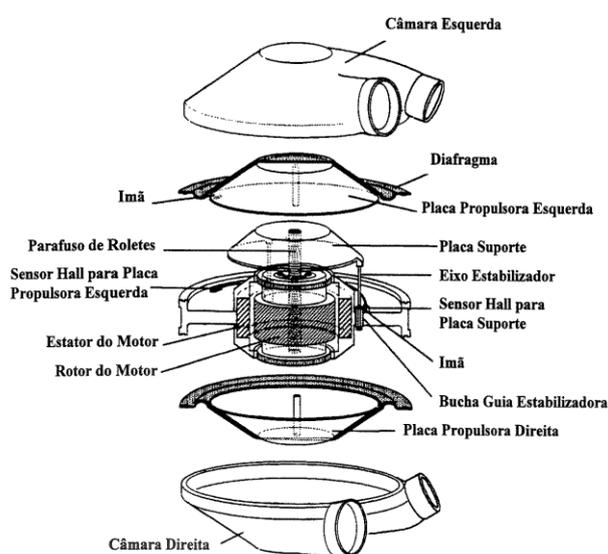
<sup>9</sup> Esse são procedimentos padrões e cientificamente legitimados pelos quais todos os dispositivos devem passar.

<sup>10</sup> Segundo informações internas não oficiais para dar sequência à pesquisa é preciso aguardar a troca do nome do médico responsável pelo projeto uma vez que o antigo responsável aposentou. Outro impedimento é a busca por pacientes que correspondam a determinados critérios, de acordo com um dos engenheiros: o “doente ideal, que precisa estar mal o suficiente para ser enquadrado na fila de transplante, mas não tão doente a ponto da cirurgia para a colocação do coração artificial representar um risco adicional” ainda não teria aparecido.

<sup>11</sup> As exigências em relação aos dispositivos de assistência ventricular utilizados temporariamente são menores. Nesses casos um fluxo de 3 a 5 L/min é geralmente suficiente para a recuperação da função ventricular antes ou depois de procedimentos operatórios. Entretanto, no caso da assistência ventricular prolongada o equipamento deve ser capaz de bombear até 10 L/min de sangue.

um dispositivo passível de ser utilizado e que ajude a salvar vidas. Para o autor, se pelo menos uma pessoa puder ter sua vida prolongada pelo dispositivo proposto, todo o esforço e dedicação não teriam sido em vão.

O “coração artificial” é uma bomba pulsátil de estrutura única, composta por três subsistemas: 1) unidade de bombeamento, que é composto por duas câmaras de bombeamento com placas propulsoras e diafragmas, um atuador mecânico<sup>12</sup> que movimenta o diafragma e o conversor de energia composto por motor elétrico de corrente contínua; 2) câmara de complacência, que é um dispositivo de volume variável, que previne sucção ou aumento de pressão no espaço entre os diafragmas esquerdo e direito<sup>13</sup>; 3) módulo composto pelo sistema elétrico. O “coração artificial” é composto, portanto, por câmaras, diafragmas e uma estrutura central onde é acondicionado um motor. A função de bombeamento cardíaco é possibilitada pelo movimento de rotação do motor que é transformado em deslocamento axial através de um atuador mecânico denominado parafuso de roletes. Com o deslocamento do parafuso de rolete uma ejeção alternada das câmaras de bombeamento é obtida.



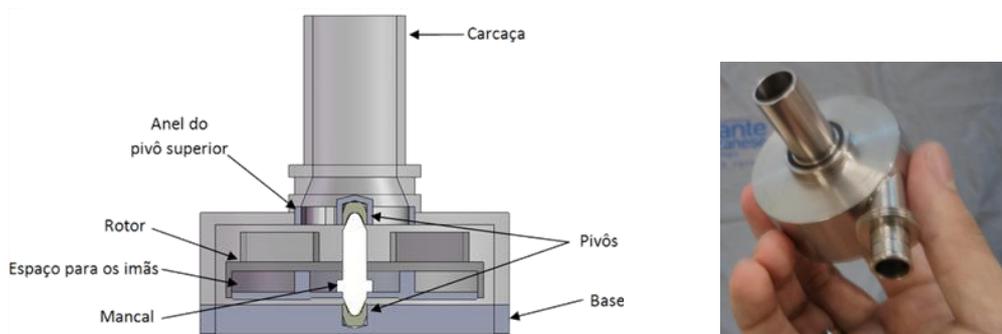
<sup>12</sup> Em termos gerais, atuador é um elemento que produz movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos. Atuadores são utilizados em uma série de mecanismos, de tipos diversos. Nas definições da engenharia mecânica um atuador mecânico é um dispositivo projetado para controlar remotamente ou mover um mecanismo secundário através de uma fonte de energia externa. Trata-se de um dispositivo que leva uma fonte de energia remota, controlável e a converte em um movimento de trabalho de uma potência, orientação e gama adequada para a atuação desejada.

<sup>13</sup> As variações de pressão podem decorrer da diferença de velocidade de enchimento e de injeção das duas câmaras.

Nota-se que é uma estrutura complexa, que além da relativa semelhança física com o coração humano, procura reproduzir seu funcionamento, uma vez que o coração “nativo” é constituído por duas porções, compostas por duas cavidades.<sup>14</sup> Os módulos são compostos por titânio, aço inoxidável e poliuretano. Algumas das estruturas, no entanto, devem receber tratamento com materiais biocompatíveis para facilitar sua aceitação pelo organismo.

A BSAA está sendo desenvolvida desde 2011<sup>15</sup>, já passou por testes *in vitro* e recentemente os testes *in vivo* com porcos foram realizados (ao longo do ano de 2014). Diferentemente dos mecanismos pulsáteis, que ejetam sangue a partir da variação do volume em uma câmara, a bomba contínua impulsiona sangue por meio do giro de um rotor. O rotor gera uma força centrífuga, conduzindo o líquido à uma cânula de saída perpendicular ao seu eixo de rotação continuamente.

O dispositivo é composto por uma carcaça, na qual há canaletas por onde o sangue passa para ser impulsionado. Há um rotor, que é um elemento próprio de máquinas rotativas, que se encontra apoiado em um mancal, que é um dispositivo onde o eixo é apoiado por meio de um campo magnético gerado por ímãs, que permitem que o eixo e o mancal permaneçam em contato.



Em termos gerais, coração artificial pode ser considerado um termo englobante para falar sobre dispositivos de assistência circulatória ao público leigo.<sup>16</sup> Em termos

<sup>14</sup> O coração humano é um órgão muscular oco, dividido em duas partes, subdivididas em outras duas. Na metade direita, ou coração direito, circula o sangue venoso e na metade esquerda circula o sangue arterial. Cada uma dessas metades possui duas cavidades, uma superior – a aurícula (ou átrio) – e outra inferior – o ventrículo.

<sup>15</sup> Um dos engenheiros me disse que essa bomba começou a ser desenvolvida para corresponder ao desejo do médico que dá nome à instituição.

<sup>16</sup> Em matéria de divulgação sobre um projeto de coração artificial desenvolvido pela universidade de Tóquio corações artificiais são descritos como de 2 tipos: que substitui totalmente um coração humano e

técnicos, no entanto, como vimos acima, corações artificiais se diferenciam dos dispositivos de assistência ventricular em termos do tipo de intervenção no organismo: corações artificiais são projetados para substituir ou auxiliar toda a função cardíaca, enquanto os dispositivos de assistência ventricular são destinados apenas a auxiliar um ventrículo (ou ambos). No coração humano “nativo”, os ventrículos são as câmaras do coração responsáveis por bombear sangue, separadas por meio de valvas que impedem o refluxo de sangue durante a contração e relaxamento ventricular (sístole e diástole). Dispositivos de assistência ventricular, portanto, costumam ser mais simples do que corações artificiais, pois suprem apenas uma estrutura. Corações artificiais foram originalmente projetados para substituir toda a função cardíaca.

A BSAA toma as funções do ventrículo, fazendo com que este deixe de trabalhar, uma vez que ele se encontra sobrecarregado, incapaz de dar conta de suas funções. Normalmente apenas o ventrículo esquerdo apresenta problemas, pois é responsável por bombear um grande volume de sangue para todo o corpo. Ao longo do tempo, entretanto, o ventrículo direito pode apresentar problemas, por ser sobrecarregado pelo mal funcionamento do esquerdo.

O “coração artificial” foi projeto para oferecer auxílio ao órgão nativo, abrandando as funções do órgão humano. De acordo com um dos engenheiros responsáveis, o dispositivo faz a força de bombeamento no lugar do órgão nativo, que, no entanto, não é retirado. Com isso, o coração “natural” não piora seu estado. De acordo com a expectativa do engenheiro, além de não piorar o coração pode até se recuperar. Segundo ele: “caso o coração do paciente se recupere, basta retirar o artificial, que o paciente vai ficar com o coração dele”.

Coração artificial auxiliar é uma categoria de dispositivo de assistência circulatória curiosa, além de controversa, uma vez que foi projetado para auxiliar toda a função cardíaca, sem, no entanto, substituir ou abolir o órgão nativo (embora realize todas as suas funções). Tal tecnologia de certa forma multiplica a função cardíaca, por meio de sua recriação. Para seu desenvolvedor, além da maior segurança proporcionada pela presença do órgão, há uma expectativa de que o dispositivo possa recuperar o coração “nativo”. Segundo ele: “A gente criou um dispositivo para ser um auxiliar ao

---

o dispositivo de assistência ventricular que é implantado no corpo humano e complementa a capacidade de bombeamento de um coração existente <http://www.segs.com.br/saude/23151-universidade-de-toquio-desenvolve-coracao-artificial-utilizando-ptc-creo.html>.

coração porque, se o aparelho falhar, o paciente ainda terá o seu coração funcionando e terá tempo de ser socorrido".

Todos os mecanismos são passíveis de falhas: o biológico, o pulsátil e o centrífugo. Nem a natureza escapa de falhas, apesar de ser “incomparavelmente mais bem organizada e capaz de movimentos mais admiráveis do que qualquer uma das (máquinas) que possam ser criadas pelos homens” (Descartes, 1973, p.31). No entanto, as falhas das máquinas precisam ser prevenidas, evitadas e amenizadas, o que justifica a preocupação com o desenvolvimento de um dispositivo mais seguro.

No Brasil, o projeto do “coração artificial” está há algum tempo estacionado, embora a avaliação em humanos tenha sido anunciada publicamente em abril de 2012.<sup>17</sup> Mesmo considerando que cada projeto leva um tempo próprio de elaboração – que depende de financiamentos e condições para seu desenvolvimento – é notável que a BSAA passou por importantes fases de sua elaboração – os testes *in vitro* e *in vivo* –, num período em que não houve nenhum avanço nas pesquisas com o “coração artificial”. Não é possível afirmar se haveria recursos e condições na instituição para desenvolver ambos simultaneamente. É fato que os recursos são escassos e a própria BSAA passou por um período de estagnação após os testes *in vivo*.<sup>18</sup> Devemos considerar, no entanto, que as dificuldades enfrentadas pelo “coração artificial” podem ir além dos aspectos materiais e recursos para a avaliação em humanos.

Evidências na literatura demonstraram que a perfusão com fluxo não pulsátil apresentava resultados clínicos semelhantes àqueles alcançados com bombas pulsáteis, considerando que os níveis hemodinâmicos eram equivalentes nos dois grupos testados, o que afastou um entendimento prematuro de que os dispositivos de fluxo contínuo poderiam causar problemas ao organismo.

De acordo com um dos engenheiros do laboratório (envolvido na produção da bomba centrífuga de fluxo contínuo): “O coração natural funciona como uma bomba pulsátil. Por isso, as primeiras bombas que começaram a ser desenvolvidas também eram pulsáteis porque se imaginava que o sistema vascular era todo adaptado para este pulso. Mas, de uns tempos para cá, estudos vêm demonstrando que a assistência pode ser feita também com uma bomba de fluxo contínuo”.

---

<sup>17</sup> O assunto virou notícia na mídia geral e especializada em 2012 e foi anunciado como o primeiro coração artificial brasileiro. Não disponibilizarei os links das reportagens sobre essa repercussão para preservar a instituição e meus interlocutores.

<sup>18</sup> Recentemente os engenheiros aguardavam uma nova fonte de financiamento para dar continuidade ao projeto, proveniente de um projeto temático da Fapesp.

A justificativa do modelo centrífugo contínuo diz respeito à busca de mecanismos mais simples (em comparação aos pulsáteis), que apresentam menores chances de falhas. Há questionamentos, no entanto, se a longo prazo a bomba centrífuga não poderia alterar o funcionamento do organismo de maneiras imprevisíveis. Ainda que não existam estudos conclusivos sobre a questão, principalmente pelo curto período de existência e o número reduzido de testes com bombas centrífugas de fluxo contínuo a longo prazo, um dos argumentos contrários é o de que estes mecanismos poderiam alterar as propriedades do sangue.

Diante de sua maior segurança associada à simplicidade do sistema, seu design mais simples, menores dimensões e possibilidade de menor consumo de energia tais dispositivos são defendidos como uma alternativa aos corações artificiais. Não há consenso, entretanto, a respeito da tecnologia mais adequada ao corpo humano. Podemos considerar que um consenso talvez não seja necessário nesse campo, uma vez que essas tecnologias poderiam se coproduzir e conviver, como é o caso das válvulas cardíacas, que são produzidas tanto em materiais sintéticos (artificiais), quanto de tecidos de porcos, cada uma sendo usada para uma aplicação específica.<sup>19</sup> Nos últimos anos, porém, os corações artificiais parecem ter perdido espaço para os ventrículos auxiliares.

Embora a ideia de controvérsia sociotécnica seja aqui acionada para confrontar formas de conhecimento que ainda estão instáveis e em disputa, não se trata de considerar que, assim como nas descrições e concepções típicas (Latour, 2000a, 2007), que a controvérsia transite entre um estado de instabilidade em direção à estabilidade. A situação das válvulas é exemplar nesse sentido para ilustrar que ambas podem constituir-se como opções viáveis e coexistirem.

### **Controvérsias internacionais e tupiniquins – estariam os corações artificiais “fora de moda”?**

No âmbito internacional associado às principais instituições e empresas que desenvolvem tecnologias de assistência circulatória, ainda que não tenha ocorrido a

---

<sup>19</sup> Há dois tipos de válvula protética: a biológica e a mecânica. Se por um lado a biológica, feita com tecidos de válvulas cardíacas suínas ou com tecido cardíaco bovino pode provocar reações imunológicas ou rejeição, além de apresentar um desgaste ao longo do tempo, demandando troca, a mecânica pode provocar coagulação, e, para prevenir, é necessário o uso de medicamentos anticoagulantes. Pacientes impossibilitados de tomar anticoagulantes, como grávidas, por exemplo, não podem receber válvulas mecânicas.

estabilização dos dispositivos de assistência ventricular, há diversas gerações de bombas que, embora não substituam as anteriores, apresentam novas possibilidades de intervenção. Em termos gerais tais gerações podem ser distintas em termos do seu modo de acionamento. Houve uma primeira geração de bombas pulsáteis, seguida por uma geração de bombas axiais, e por último as bombas centrífugas. Ainda que não tenham sido extintas e continuem sendo produzidas por algumas empresas, as bombas pulsáteis passaram a ser menos produzidas e valorizadas. Há algum tempo, entretanto, as bombas axiais parecem estar cedendo espaço aos dispositivos centrífugos.

No programa de apresentação da conferência anual da ASAIO (American Society for Artificial Internal Organs), um importante evento que reúne os principais pesquisadores e empresas responsáveis pela produção de dispositivos de assistência circulatória no mundo, há alguns anos os DAVs têm dominado a cena, deixando (quase) esquecidos os corações artificiais. Em 2011, por exemplo, ano em que a BSAA começou a ser desenvolvida no laboratório brasileiro, dos 77 trabalhos apresentados na reunião anual da ASAIO relacionados ao desenvolvimento, desempenho, inovação de componentes e testes de dispositivos de assistência circulatória, apenas 1 trabalho referia-se à coração artificial. O título do trabalho era “Transcutaneous Energy Transmission System with Optimized Efficiency for the Artificial Heart”, que tratava da transmissão de energia através da pele. Trata-se de um aspecto tecnológico bastante complexo e ainda mal resolvido, que no caso da tecnologia brasileira ainda não encontrou uma solução definitiva.<sup>20</sup> A transmissão de energia transcutânea é uma maneira de eliminar fios atravessando a pele, que podem causar problemas.

A categoria biventricular, normalmente associada a dispositivos de assistência ventricular, tem 4 ocorrências entre os 77 trabalhos. Os títulos dos trabalhos são: “Completely Implantable Biventricular Assist Device for Destination Therapy”, que parece se assemelhar ao “coração artificial” por ser tratar de um dispositivo implantável e total, porém pode também se tratar de um DAV; “Preoperative Risk Analysis for Requirement of Biventricular Assist Device in Japanese Patients with Left Ventricular Assist Device Implantation”; “Hemolysis Rate after Biventricular Centrifugal Ventricular Assist Device Implantation: Retrospective”; e “Comparison between Biventricular and Left Ventricular Assist Device Recipients”, que parece tratar de uma

---

<sup>20</sup> Uma das tentativas envolveu a produção de uma bobina (que seria implantada no exterior do corpo) que transmite a energia elétrica através da pele (por indução) a uma outra bobina ligada ao dispositivo implantado. Outra tentativa não magnética tem sido feita atualmente.

comparação entre uma bomba similar ao “coração artificial” e um dispositivo de assistência ventricular possivelmente semelhante à BSAA.

A categoria pulsátil aparece uma única vez, no trabalho “Comparison of a Valveless Pulsatile Assist Device with Continuous Flow in a Computational Model of the Cardiovascular System”, que parece se referir a uma comparação entre o desempenho de uma bomba similar a um coração artificial auxiliar e um dispositivo de assistência ventricular em um modelo computacional de simulação do sistema cardiovascular.<sup>21</sup>

A grande maioria dos trabalhos refere-se ao desenvolvimento, aprimoramento de componentes, testes ou avaliações de dispositivos de assistência circulatória. Os dispositivos de fluxo contínuo são os mais citados, o que reforça o argumento de que as bombas pulsáteis semelhantes ao “coração artificial” não estão bem representadas na ASAIO atualmente.

Parece haver, no entanto, uma controvérsia entre as bombas, expressa pela existência de trabalhos comparativos entre dispositivos biventriculares e dispositivos de assistência ventricular. Outro indício é uma curiosa sessão existente no programa da reunião anual da ASAIO de 2014, chamada controvérsias no suporte circulatório mecânico (controversies in mechanical circulatory support). Tal sessão foi dividida em dois blocos chamados: “REVIVE-IT” e “I Need a Device For BTT, Which Is Best?” Os títulos das apresentações da primeira sessão eram: “Right Pump, Right Time”; “Wrong Pump, Wrong Time”, que parecem referir-se à tomada de decisão sobre o melhor dispositivo e a hora certa de sua utilização, porém sem especificar no título quais bombas (de quais empresas) corresponderiam a esses critérios. Já os títulos da segunda sessão eram: “Heartmate II”, que faz referência ao dispositivo de assistência ventricular (que inspirou o desenvolvimento da BSAA no Brasil) da empresa Thoratec; “HeartWare HVAD”, que se trata também de um dispositivo de assistência ventricular (no qual o modelo brasileiro também se inspirou) da empresa HeartWare; “Total Artificial Heart”, que possivelmente se refere a um coração artificial total desenvolvido pela empresa Syncardia.

A controvérsia proposta pela sessão da ASAIO diz respeito sobretudo à escolha do melhor dispositivo para ser utilizado em ponte para transplante para prolongar a vida

---

<sup>21</sup> Há um simulador do sistema cardiovascular semelhante a esse no laboratório, fruto da tese de doutorado de um dos engenheiros, que pode ser utilizado para simulações para testar a eficácia das bombas, substituindo ou reduzindo a quantidade de testes em seres vivos.

de um paciente que aguarda por um órgão para ser transplantado. Tecnologias específicas são citadas, todas elas desenvolvidas por importantes empresas do ramo de dispositivos de assistência circulatória, que são apoiadores das conferências anuais da ASAIO. Duas das bombas são dispositivos de assistência ventricular, o que indica que além da controvérsia entre os tipos de dispositivos – contínuos ou pulsáteis – há um debate a respeito do melhor modelo dentro de uma mesma categoria. Uma delas – a Heartmate II – é uma bomba axial, enquanto a outra – a HeartWare HVAD – é centrífuga.

O caso brasileiro parece ter inspiração na controvérsia apresentada pela Asaio, uma vez que ainda não foi estabelecido um consenso a respeito do melhor dispositivo de assistência circulatória, entretanto parece haver uma maior valorização do dispositivo contínuo recentemente, inclusive por ter sido apoiado pelo importante médico da instituição. Ainda que os engenheiros trabalhem conjuntamente em ambos os projetos no laboratório brasileiro, e não exista autoria rigidamente determinada entre eles (ou seja, os projetos não são propriedades dos pesquisadores, embora tenham responsáveis e pessoas associadas a cada projeto), há aqueles que parecem apoiar mais o desenvolvimento da BSAA, considerando que ela acompanha uma tendência no cenário internacional, no qual os corações artificiais perderam espaço para os dispositivos de assistência ventricular (de fluxo contínuo) que são considerados mais simples e, portanto, menos passíveis de apresentarem problemas. À tendência internacional soma-se também o apoio e desejo de realização do importante médico que dá nome ao laboratório, a quem é atribuída a iniciativa de desenvolvimento da BSAA.

Aqueles que são simpáticos ao desenvolvimento do “coração artificial”, entretanto, também não estão sozinhos. Um dos principais pesquisadores a ele associado tem uma importante atuação na Sociedade Latino Americana de Biomateriais e Órgãos Artificiais (SLABO). Trata-se de uma instituição composta em sua maioria por pesquisadores relacionados ao desenvolvimento de biomateriais, sendo uma minoria os pesquisadores engajados na produção de órgãos artificiais (basicamente o grupo brasileiro composto pelos engenheiros do laboratório, além de um outro grupo da Universidade Federal de Belo Horizonte - UFMG). Parece haver, portanto, uma aproximação política aos pesquisadores associados à SLABO, mas podemos também considerar uma aproximação conceitual, como procurarei argumentar agora.

O argumento defendido pelos favoráveis ao desenvolvimento do “coração artificial” diz respeito sobretudo à sua menor intervenção no corpo, uma vez que o

“coração nativo” não é retirado, o dispositivo apenas auxilia o órgão humano em seu funcionamento, sem alterar seu fluxo e lógicas de funcionamento.

A tendência na área de biomateriais são as preocupações associadas à medicina regenerativa. Tais desenvolvimentos baseiam-se no pressuposto de que é melhor regenerar células do próprio organismo a inserir outras, ou inserir outras que possam colaborar com as células do próprio organismo no processo de recuperação. Tais pesquisas estão associadas à engenharia de tecidos, à nanotecnologia (nanofibras), polímeros bioabsorvíveis (dispositivos temporários que se degradam por hidrólise), células tronco, stents farmacológicos e outros, que procuram soluções cada vez mais integradas ao organismo.

Em uma apresentação no Colaob de 2014 – congresso latino americano de órgãos artificiais, biomateriais e engenharia de tecidos, organizado pela SLABO, a Profa. Dra. Ângela Maria Moraes, do departamento de engenharia de materiais e bioprocessos da Unicamp, ressaltou aspectos que considera relevantes a respeito dos biomateriais<sup>22</sup>: são dispositivos que entram em contato com sistemas biológicos (incluindo fluidos biológicos) usados em aplicações terapêuticas, cirúrgicas ou diagnósticas; podem ser constituídos de materiais sintéticos, naturais ou quimicamente modificados (podem conter metais, cerâmicas e polímeros); não necessariamente precisam ser fabricados, como válvulas cardíacas de porcos e retalhos de pele humana para implantes; podem ser sólidos, géis, pastas ou mesmo líquidos, como hidrogéis termossensíveis usados como scaffolds em reconstituição óssea.<sup>23</sup>

De acordo a pesquisadora, no início do desenvolvimento dos biomateriais, na década de 1950, o foco estava no material, caracterizado pela busca por materiais bioinertes. Com o passar do tempo, a meta passou a ser a bioatividade dos biomateriais,

---

<sup>22</sup> Ela relatou que há diferentes definições de biomateriais, que se diferenciam da ideia de material de origem biológica. Há a definição da Conferência de Desenvolvimento de Consenso, do National Institutes of Health, de 1982, na qual biomaterial é qualquer substância (diferente de uma droga) ou combinação de substâncias, de origem natural ou sintética, que pode ser usada por qualquer período, como um todo ou parte de um sistema que trata, aumenta ou substitui qualquer tecido, órgão ou função do corpo. Para outros pesquisadores biomateriais são definidos como qualquer material usado para produzir dispositivos que substituem uma parte ou função do corpo de forma segura, confiável, econômica e fisiologicamente aceitável (Park & Lakes, 2007). Uma terceira definição foi relacionada à revista *Biomaterials*, da Elsevier, na qual biomaterial são substâncias que foram modificadas por engenharia para tomar uma forma que, isolada ou como parte de um sistema complexo, possa ser usada para dirigir, pelo controle através de interações com componentes de organismos vivos, o curso de qualquer procedimento terapêutico ou diagnóstico.

<sup>23</sup> Scaffold (que pode ser traduzido como suporte, arcabouço, andaime) são matrizes artificiais com estrutura tridimensional que funcionam como guias para as células na formação de novos tecidos. Eles promovem o crescimento de tecido e depois são absorvidos pelo organismo, não havendo necessidade de cirurgia para a retirada do enxerto.

e mais recentemente, o objetivo é a regeneração de um tecido funcional. Ou seja, inicialmente buscava-se materiais biocompatíveis que pudessem substituir um tecido danificado e prover suporte mecânico, com mínima resposta biológica do paciente. Com o passar do tempo, buscou-se aumentar a vida do implante por sua interação com a interface do tecido hospedeiro (material bioativo); em seguida, focou-se no desenvolvimento de materiais biodegradáveis, com capacidade de serem incorporados ou absorvidos (após dissolução) pelo tecido hospedeiro, e, mais recentemente, tem-se trabalhado com o conceito de biomimética, buscando-se materiais que participem de forma ativa no processo de recuperação, atuando no tecido de forma específica, com estimulação em nível celular.

Os anos de pesquisas já empreendidos demonstram que não há um tipo de biomaterial universalmente melhor que outro, pois isso depende da aplicação. São inúmeras as propriedades a serem analisadas na escolha dos biomateriais relativas à toxicidade, imunogenicidade, à transmissão de doenças, às propriedades mecânicas, à bioatividade e à degradabilidade. Os que atendem ao maior número de requisitos são os do tipo autólogos (do organismo do próprio paciente), entretanto, estes são os de fonte mais limitada.<sup>24</sup>

No caso dos dispositivos de assistência circulatória, os fatores que interessam aos seus desenvolvedores estão associados à estabilidade e durabilidade dos materiais, além da compatibilidade com o sangue. Nesse sentido, além de um bom desenho da prótese, que evite áreas de estagnação que podem causar danos às células do sangue, há uma preocupação em relação à “biolização”, que se trata da adição de componentes biológicos aos materiais utilizados nos dispositivos. Os desenvolvedores de dispositivos de assistência circulatória, portanto, poderiam se interessar pelos desenvolvimentos da área de biomateriais, considerando que podem associá-los aos seus projetos. Mais do que isso, entretanto, o projeto do “coração artificial” parece ter como pressuposto a ideia de menor intervenção no corpo que pode ser aproximada aos pressupostos da medicina regenerativa e atuais desenvolvimentos na área de biomateriais.

---

<sup>24</sup> Transplantes xenogênicos (provenientes de diferentes espécies animais) são ainda problemáticos, sobretudo em relação à não coincidência anatômica. Os materiais das categorias restantes podem atender satisfatoriamente a um conjunto de características, não a outros, como é o caso dos implantes alogênicos que, por serem de um indivíduo doador saudável diferente do próprio paciente, podem ser problemáticos com relação ao primeiro tipo de propriedades. Já os metais são limitados no que tange à bioatividade e à biodegradabilidade, enquanto os materiais cerâmicos têm comprometimento nas propriedades mecânicas. Os polímeros têm desempenho intermediários e os compósitos devem ser analisados caso a caso por combinarem diferentes tipos de materiais.

O “coração artificial” preserva o movimento do órgão nativo e o auxilia, enquanto a BSAA altera o funcionamento fisiológico do corpo, adaptando-o à uma lógica contínua. Para além das distinções técnicas podemos considerar que há entre essas tecnologias diferentes concepções sobre a natureza: no primeiro caso uma natureza a qual se deve associar, e no segundo uma natureza que se pode transformar. Ao sustentar a existência de batimentos cardíacos o “coração artificial” parece estar investido da ideia de natureza que deve ser preservada, pouco alterada, cujo funcionamento é perfeito e que, mesmo quando apresenta falhas, deve ser mantida.

Ainda que se associe a determinados atores políticos e conceituais, entretanto, o responsável pelo “coração artificial” brasileiro defende que uma diversidade de dispositivos deve ser desenvolvida, pois para cada caso cirúrgico pode haver uma bomba mais apropriada. Obviamente tal argumento pode advir da situação internacional relativa à controvérsia a respeito da assistência circulatória, na qual os corações artificiais perderam espaço diante dos dispositivos contínuos de assistência ventricular. Defender uma variedade de dispositivos pode “salvar” o “coração artificial”. Há também a expectativa de que salvar uma única vida seria o suficiente para fazer valer seus esforços. Além do mais, tendo uma posição de destaque em instituições latino-americanas, ele reconhece e valoriza a posição estratégica desses países no desenvolvimento tecnológico.

Em sua fala de abertura no Congresso da Asaio, o Colaob de 2014, o engenheiro declarou que a América Latina está seguindo o desenvolvimento global de assistência ventricular, por isso as bombas pulsáteis, associadas a um primeiro ciclo de dispositivos, estavam sendo superadas pelos dispositivos axiais e posteriormente pelos mecanismos centrífugos. Segundo ele, no entanto, americanos e europeus são muito rápidos na produção e desenvolvimento de dispositivos, motivados sobretudo pela procura dos cirurgiões, que são muito “agressivos” e estão sempre à procura de novas tecnologias que deem conta dos problemas. Além do mais, ele ressalta haver no 1º mundo uma disponibilidade de recursos e investimento para a produção tecnológica muito maior do que na América Latina. Entretanto, ele acha que esta é uma posição conveniente, pois “temos um caminho a seguir”, o que nos permite evitar caminhos errados. Para ele, a vantagem da posição da América Latina é seguir aprendendo com erros já cometidos pelos EUA e Europa. Em suas palavras: “estamos seguindo um pouco atrasados, o que não é ruim, porque é um caminho de acertos”.

O mesmo engenheiro, não em sua postura institucional, defende a produção de bombas diversas, e não apenas as de fluxo contínuo, o que tem sido cada vez mais estimulada pela associação americana. Seria essa uma postura incoerente, ou podemos considerar que seguir um caminho de acertos, num momento em que o processo de produção de bombas ainda não está estabilizado, seria não desconsiderar a produção de certas tecnologias, como tem feito a associação americana?

Deve-se destacar, sobretudo, que a defesa de um mecanismo pulsátil parece dizer respeito à uma certa concepção de natureza. Tais pressupostos podem ser associados aos desenvolvimentos na área de biomateriais e engenharia de tecidos, aos quais os defensores do “coração artificial” parecem se aproximar em termos conceituais e políticos. Além da intensa relação com os pesquisadores de tal associação latino-americana voltada às pesquisas com órgãos artificiais, biomateriais e engenharia de tecidos, outro indício é a chegada ao laboratório de uma pesquisadora (aluna de doutorado) que pretende desenvolver um *stent* farmacológico (co) produzido pelo Dante Pazzanese em parceria com a Universidade Federal do ABC (UFABC).<sup>25</sup> Lembremos que uma das expectativas em relação ao “coração artificial” é que ele “regene” a função cardíaca do órgão “nativo”.

### **Futuros imaginados e imaginários sóciotécnicos presentes nas controvérsias do “coração artificial”**

No geral os dispositivos de assistência circulatória não são considerados tecnologias extraordinárias, no sentido que é atribuído, por exemplo, à energia nuclear no Brasil (Camelo, 2015), considerada um campo estratégico, relevante não somente para a defesa, mas também para o desenvolvimento nacional. Eles também não são considerados tão promissores, como eram percebidas as pesquisas relativas ao

---

<sup>25</sup> Tal pesquisa é também orientada por uma professora da UFABC da área de engenharia de biomateriais. No último simpósio de Dispositivos de Assistência Circulatória Uni e Biventricular no Dante Pazzanese, que ocorreu em 2014, essa professora esclareceu que é especializada em aplicações da engenharia de biomateriais para a odontologia e ortopedia, e que mais recentemente tem se aventurado na área cardiovascular motivada pelas pesquisas de duas alunas. Considera, no entanto, que essa interação é necessária para o sucesso e avanço das pesquisas. Seu propósito é desenvolver tecnologias para a medicina regenerativa, que estaria comprometida em regenerar, ao invés de substituir que, apesar de gerar processos bem-sucedidos deixa sempre de atender a alguns aspectos. Segundo ela, atualmente tecido simples são desenvolvidos de maneira bem, mas a perspectiva é de produzir tecidos estruturais e órgãos complexos.

sequenciamento do genoma humano, ou mesmo as pesquisas com células-tronco atualmente, que prometiam e/ou ainda prometem revolucionar a medicina e a compreensão das doenças.

Uma das promessas associadas às células-tronco, que permitiriam produzir órgãos que poderiam ser “preenchidos” com células do próprio paciente (por meio de descclularização e povoamento de novas células), invalidaria a necessidade de dispositivos mecânicos. Quando questionados sobre avanços das pesquisas com células-tronco, os engenheiros têm uma resposta pronta. Para eles, o tempo que levaria para personalizar um órgão com as células do próprio paciente poderia ser fatal. Nesse momento, enquanto aguarda que o órgão seja preenchido com suas células, os dispositivos de assistência circulatória podem ser cruciais para garantir a vida do paciente.

As bombas de assistência circulatória não são tão extraordinárias quanto a promessa das pesquisas com células tronco. Elas não fazem nada mais do que auxiliar o bombeamento do sangue pelo corpo. Mas podem ser fundamentais para salvar vidas.

Apesar de ser estratégico do ponto de vista da saúde pública, uma vez que doenças cardíacas causam um grande número de mortes no Brasil, do ponto de vista de sua excepcionalidade e importância, são tecnologias que não produzem muitas relações, ou seja, não tem outras aplicações, o que diminui seu alcance e importância. Tomando como referência tecnologias médicas produzidas pela NASA, por exemplo, que além de curar doenças aqui na Terra, permitirão enviar e manter homens em Marte, os dispositivos de assistência circulatória apenas permitem prolongar a vida de doentes cardíacos. Isso representa muito do ponto de vista da saúde pública, mas nem tanto em termos de interesse político.

São tecnologias que também não se comparam à importância e força associada à neurociência para a constituição da subjetividade atualmente, assim como a neurobiologia, que teria se tornado a principal maneira de se entender a conduta humana e os fatores que a influenciam, para Rose (2008).

A excepcionalidade da tecnologia aqui investigada está relacionada, paradoxalmente, não à sua importância ou alcance científico, mas aos vestígios culturais e associações subjetivas relacionadas ao coração, a despeito da determinação do discurso da neurociência em proferir em nome da centralidade do cérebro.

Se o “coração artificial” não é uma tecnologia extraordinária no sentido de ser estratégica para o desenvolvimento do país em comparação ao campo energético, nem

sequer em termos de ser uma promessa que revolucionará a medicina (embora possa salvar vidas), ela é extraordinária no sentido de produzir um imaginário sociotécnico capaz de reformular o humano. São tecnologias que permitem produzir humanos ordenados por máquinas, compondo pessoas mecânicas, nos permitindo imaginar um mundo no qual os seres humanos têm sua expectativa de vida ampliada, além de se tratar de uma tecnologia que permite também alterar a vida e a materialidade do corpo.

Do ponto de vista dos “sociotechnical imaginaries” (JASANOFF; KIM, 2009), portanto, o “coração artificial” e os dispositivos de assistência circulatória permitem imaginar futuros nos quais a vida estará cada vez mais prolongada, onde o natural e o artificial estarão cada vez mais imiscuídos, e as fronteiras entre a vida e a morte estarão borradas. Trata-se de um contexto no qual as definições de natural e artificial não são mais operantes, a fronteira entre vida e morte está problematizada e a existência material do corpo transformada.

Nesse sentido, tais tecnologias de assistência cardíaca, cada uma ao seu modo, parecem nos colocar diante de uma permuta ontológica entre coisas e pessoas, não como polos purificados, categorias estabilizadas, ou entidades prontas, mas como agentes mediadores, nos quais a causalidade está distribuída e o que se passa é uma ativação mútua de interesse entre humanos e não humanos (Latour, 1994; Stengers, 2002).

A hipótese proposta é a de que o “coração artificial” é pensado como menos invasivo por alterar menos o funcionamento natural, orquestrando-se melhor com a natureza do organismo, sem caracterizar-se, portanto, como um artifício descolado do corpo. Isso não implica, entretanto, que a BSAA seja considerada mais artificial. Não se trata de medir graus de artificialidade, mas sim considerar que toda e qualquer intervenção produz alteração. Todas as formas de intervenção podem ser consideradas “externas” ao corpo. Mesmo a utilização das próprias células e tecidos do paciente pode ser entendida como uma intervenção transformadora, uma vez que os tecidos e células são manipulados por meio de técnicas e tecnologias, deslocados do seu lugar, produzindo outras relações no organismo. Trata-se de reconhecer, portanto, que cada sistema tem sua natureza, ou seja, um modo de funcionamento considerado normal/ eficaz/ funcional, e que todos eles podem também produzir “anomalias” que demandam intervenções. Uma evidência é um comentário de um dos engenheiros a respeito da natureza da BSAA. Segundo ele, esse sistema não foi pensado/planejado para ser associado a tratamentos com biomateriais. Isso significa que não seria adequado utilizar tais processos, uma vez que essa não seria a natureza da bomba. Além de ineficiente,

dado que o bombeamento intenso produzido pela bomba seria superior, a ponto de a compatibilidade dos materiais não exercer efeito às células do sangue, não é próprio dessa tecnologia passar por tratamento de compatibilidade. Desse modo, cada sistema teria sua lógica, sua natureza. Além disso, cada dispositivo produz uma intervenção distinta, baseada nas diferentes concepções sobre a natureza do corpo humano, alterando sua materialidade de maneiras particulares.

### **Referências bibliográficas**

DESCARTES, René. Meditações concernentes à primeira filosofia nas quais a existência de Deus e a distinção real entre a alma e o corpo do homem são demonstrados. In: \_\_\_\_\_. Descartes: Vida e obra [Coleção Os Pensadores]. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1973, p. 93-150.

FOUCAULT, Michel. História da Sexualidade 1 – A vontade de Saber. 17ª Edição – Editora Graal – São Paulo, 2006.

HARAWAY, Donna. “Saberes localizados: a questão da ciência para o feminismo e o privilégio da perspectiva parcial”. Cadernos Pagu, v.5, 1995, pp.07-41.

\_\_\_\_\_. “Manifesto Ciborgue: ciência, tecnologia e feminismo-socialista no final do século XX. In: Antropologia do Ciborgue – as vertigens do pós-humano. Organização: Tomaz Tadeu da Silva. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LATOUR, Bruno. Jamais fomos modernos: Ensaio de Antropologia Simétrica. Rio de Janeiro, editora 34, 1994.

\_\_\_\_\_. Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

\_\_\_\_\_. A Esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

\_\_\_\_\_. Políticas da Natureza: como fazer ciência na democracia. Bauru, SP: EDUSC, 2004.

\_\_\_\_\_. Reagregando o Social: uma introdução à teoria do ator-rede. Salvador: EDUFBA, Bauru, SP: EDUSC, 2012.

ROSE, Nikolas. “Cérebro, self e sociedade: uma conversa com Nikolas Rose”. SPINK, Mary Jane (org.). Physis Revista de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 20, n.1, 2010, pp.301-324.

\_\_\_\_\_. A política da própria vida: biomedicina, poder e subjetividade no século XXI. São Paulo: Paulus, 2013.