

Robôs Cirúrgicos: Prospecção de Patentes Relacionadas a Aplicações Humanas

Surgical Robots: Prospecting Patents Related to Human Applications

DOI:10.34117/bjdv6n12-468

Recebimento dos originais:13/11/2020

Aceitação para publicação:19/12/2020

Cláudio Lisboa dos Santos

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, Bahia, Brasil
Endereço: Rua Francisco das Mercês, 914, Buraquinho. CEP: 42.709-290. Lauro de Freitas – Bahia – Brasil

E-mail: eng.claudiolisboa@gmail.com

Fábio Francisco Pinheiro de Freitas

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, Bahia, Brasil
Endereço: Avenida Ibirapitanga, n.745 Condomínio Colina de Patamares, casa 32, CEP: 41.680-024. Salvador – Bahia – Brasil

E-mail: fabiofranciscopfreitas@gmail.com

Marlon Lacerda Xavier

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, Bahia, Brasil
Endereço: Rua Doutor Augusto Lopes Pontes, 455, Edif. Costa do Sol, ap. 901, Costa Azul. CEP: 41760-035. Salvador – Bahia – Brasil

E-mail: marlonxavier@gmail.com

Raphael Oliveira Pimentel

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, Bahia, Brasil
Endereço: Rua General Bráulio Guimarães, 362, Armação. CEP: 41.750-000. Salvador – Bahia – Brasil

E-mail: r.piment@gmail.com

Valdir Silva da Conceição

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador – Bahia – Brasil
Endereço: Alameda Florença, 30, ap. 201, Pituba. CEP: 41.830-460. Salvador – Bahia – Brasil

E-mail: valdirconceicao@gmail.com

Ângela Machado Rocha

Graduação em Engenharia Química (UFBA), Especialização em Engenharia de Processamento Petroquímico (UFBA), MBA em Marketing (FGV), Doutorado em Energia e Ambiente (UFBA) com período sanduíche realizado no Georgia Institute of Technology (Atlanta-Estados Unidos). É Assessora da Coordenação de Inovação da UFBA (NIT-UFBA), Professora do Instituto de Ciências da Saúde (ICS-UFBA), do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (ProfNIT) Ponto Focal UFBA, e Professora Colaboradora do Programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas - (PIOS) UFBA. Lidera o Grupo de Pesquisa IES -Inovação e Empreendedorismo Sustentável. É Professora Orientadora da Eleva Empresa Júnior de Biotecnologia da UFBA

Endereço: Av. Reitor Miguel Calmon, s/n –Canela. CEP: 40.231-300. Salvador – Bahia – Brasil
E-mail: anmach@gmail.com

Hugo Saba Pereira Cardoso

Bolsista Produtividade CNPq, Pós-Doutorado em Modelagem Computacional no Cimatec (2016), Doutorado em Difusão do Conhecimento na Universidade Federal da Bahia (UFBA) (2013), Mestrado em Modelagem Computacional pela FVC (2005), Especialização em Computação Científica pela Fundação Visconde de Cairu (FVC) (2003) e Graduação em Processamento de Dados pela Faculdade Rui Barbosa (1995), Professor Titular na UNEB. Tem experiência na área de Ciência da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem computacional, tecnologias sociais, robótica educacional, gestão de projetos e difusão do conhecimento. No âmbito profissional coordena projetos de pesquisa e desenvolvimento, junto a Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs). Coordenador da Câmara de Computação na FAPESB. Na Pós-Graduação é Coordenador do Doutorado em Difusão do Conhecimento (DMMD), Professor Permanente no Programa Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI), Professor Colaborador no Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), e Coordenador do Grupo de Pesquisa no CNPq - NÚCLEO DE PESQUISA APLICADA E INOVAÇÃO (NPAI)

Endereço: R. Barão de Jeremoabo, 147 – Ondina. CEP: 40170-115. Salvador – Bahia – Brasil
E-mail: hugosaba@gmail.com

Lilian Maria Tosta Simplicio Rodrigues

Bacharel em Química, formada pela Universidade Federal da Bahia (2002), possui Mestrado e Doutorado na mesma área, com títulos obtidos em 2005 e 2009, respectivamente, ambos pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Cinética Química e Catálise, atuando principalmente nos temas: Combustão Catalítica do Gás Natural para Geração de Energia e Reforma do Gás Natural para Obtenção de Hidrogênio. Durante 4 anos exerceu a função de Especialista em Fluidos e Lubrificantes da Ford Motor Company do Brasil e atualmente é professora Associado I da Universidade Federal da Bahia, atuando no Departamento de Química Geral e Inorgânica do Instituto de Química, e como docente credenciada no Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT, no ponto focal UFBA. Desde 2018 é Vice Coordenadora dos Cursos de Graduação em Química e Coordenadora Pedagógica do Curso Noturno de Licenciatura em Química da UFBA

Endereço: R. Barão de Jeremoabo, 147 – Ondina. CEP: 40170-115. Salvador – Bahia – Brasil
E-mail: lilian.simplicio@gmail.com

RESUMO

A cirurgia robótica vem evoluindo com o passar do tempo e se expandindo em decorrência do crescimento das cirurgias invasivas, surgimento de novas modalidades, utilização nos processos cirúrgicos para alcançar os locais de difícil acesso no corpo humano e que, portanto, requerem maior precisão, além de ser utilizada visando reduzir as deficiências inerentes ao ser humano como fadiga laboral, tremor nas mãos, esforço ergonômico, entre outras. O presente trabalho tem como objetivo fazer uma prospecção tecnológica de patentes relacionadas a robôs cirúrgicos. A metodologia utilizada foi o sistema “*Orbit Intelligence*”, utilizando as palavras-chave: “*surgical*”, “*robot*”, “*human*” associadas entre si com o conector booleano “AND”, em conjunto com a Classificação Internacional de Patentes A61B 34/30. Os resultados encontrados demonstram o crescimento na área nos últimos 20 anos, apresentando a China como detentora do maior número de depósitos de patentes e com o Brasil ocupando a 17ª posição. A cirurgia robótica está em crescimento, com a sua utilização em pequenos procedimentos e ampliando para cirurgias com maior grau de complexidade.

Palavras chaves: Cirurgia, Mecatrônica, Medicina, Patente, Prospecção tecnológica, Robótica.

ABSTRACT

Robotic surgery has evolved over time and has expanded due to the growth of invasive surgery, the emergence of new modalities, the use of surgical procedures to reach places that are difficult to access on the human body and, therefore, require greater precision, in addition to to be used in order to reduce the deficiencies inherent to human beings such as labor fatigue, hand tremor, ergonomic effort, among others. The present work has an objective to make a technological prospecting of patents related to surgical robots. The methodology used was the “Orbit” system, using the keywords: “surgical”, “robot”, “human” associated with the Boolean connector “AND”, together with the International Patent Classification A61B 34/30. The results found demonstrate the growth in the area in the last 20 years, presenting China as the holder of the largest number of patent deposits and with Brazil occupying the 17th position. Robotic surgery is on the rise, with its use in small procedures and expanding to surgeries with a higher degree of complexity.

Keywords: Surgery, Mechatronics, Medicine. Patent, Technological prospecting, Robotics.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas do século XX a tecnologia tem avançado de forma acelerada e essa condição impacta em todos os campos da humanidade, devido principalmente ao desenvolvimento da tecnologia do computador, da eletrônica, da informática, das telecomunicações entre outras, gerando consequências para as outras áreas, em especial para a medicina, principalmente no campo cirúrgico a partir da década de 1980, devido ao emprego da tecnologia para a realização da primeira laparoscopia, que serviu para impulsionar o crescimento tecnológico nessa área de conhecimento e mudanças de paradigmas (PEÑA, 2019).

A cirurgia robótica é um processo utilizado para a realização de procedimentos cirúrgicos feitos com o uso de robôs comandados por médicos especialistas nessa tecnologia e fazendo o elo entre o

cirurgião e o paciente, porém, executando as tarefas com maior precisão, dessa forma, corrigindo todas as deficiências humanas. Esse tipo de inovação pode ser apontada como uma “inovação disruptiva” (PEÑA, 2019).

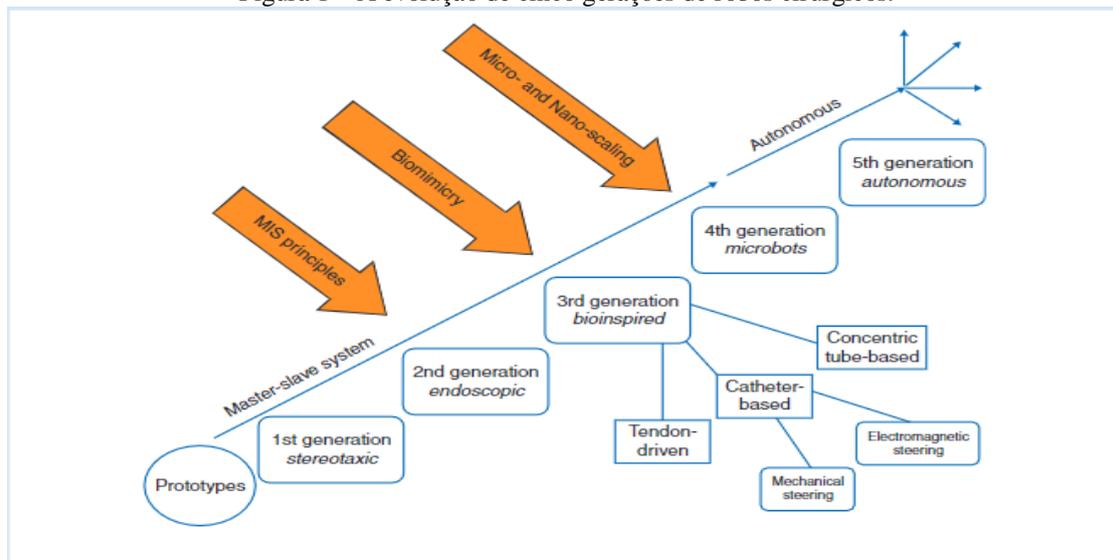
Os robôs foram utilizados inicialmente no campo da saúde para servir de apoio nos hospitais e centros de saúde, principalmente no transporte de medicamentos, alimentos, utensílios e outros equipamentos, contribuindo para que os profissionais exerçam outras atividades que têm papel insubstituível, sendo posteriormente utilizado no campo cirúrgico (SIQUEIRA-BATISTA *et al.*, 2016).

O uso de tecnologia robótica nos procedimentos cirúrgicos tem crescido anualmente, em decorrência da contribuição da comunidade científica e dos benefícios alcançados por esse campo tecnológico. As vantagens e desvantagens oriundas da prática cirúrgica, retroalimentam o avanço das técnicas, métodos, equipamentos e invenções voltadas para o seu aprimoramento, gerando inovações potenciais de alta relevância e de assimilação para o mercado e para a sociedade. A área de P&D das organizações é o departamento que utiliza os dados recolhidos dos locais que fazem uso dos robôs nas intervenções cirúrgicas para aperfeiçoá-los, modificar métodos e procedimentos, em outras palavras, realizar as inovações pertinentes, o que contribui para o crescimento e diversificação do uso de robô nas cirurgias, além de encurtar a curva de aprendizagem (ASHRAFIAN *et al.*, 2017; BARRERA, 2017; BARRERA, 2018; MORTON *et al.*, 2020).

As razões para a realização de procedimentos cirúrgicos com robôs nos humanos estão relacionadas a necessidade de realização de cirurgias invasivas, complexas e/ou em locais de difícil acesso ou apertados, minimização das incisões, traumas e da dor, redução da perda de sangue, do uso de medicação prolongada, do tempo de internação e recuperação, menor risco de infecção e ampliação do grau de liberdade. Para os médicos possibilita a redução da fadiga laboral e o possível tremor nas mãos do cirurgião, melhora a ergonomia, reduz a dependência dos assistentes que manipulam instrumentos e sensação de cansaço. Entretanto, pode-se destacar como desvantagem o alto custo da tecnologia (ASHRAFIAN *et al.*, 2017; PEÑA, 2019).

Segundo Ashrafian *et al.* (2017) a introdução do robô cirúrgico aconteceu em 1985, com o robô PUMA 560, cujo objetivo era realizar biópsias cerebrais com maior exatidão e precisão, principalmente se comparada aos meios tradicionais, o que proporcionou uma mudança de paradigmas, permitindo a concretização de uma realidade que antes era vista apenas como uma peça de ficção. A evolução dos robôs cirúrgicos é demonstrada na Figura 1.

Figura 1 – A evolução de cinco gerações de robôs cirúrgicos.



Fonte: Ashrafian (2017).

A Figura 1 demonstra o processo evolutivo dos robôs cirúrgicos, iniciado com os robôs protótipos, que tinham as suas atividades voltadas para serviços específicos. A primeira geração foi denominada de estereotáxicos e foi utilizada para realizar a primeira colecistectomia laparoscópica. A segunda geração foi dos robôs endoscópicos, que foi utilizado para fazer cirurgia de próstata, além de laparoscopia. A terceira geração foi a dos robôs bioinspirados, que evoluíram em paralelo com a biomimética, [biônica](#) e auto biônica, além do aprimoramento da ergonomia dos equipamentos de laparoscopia e articulação múltipla. A quarta geração foi a dos microbots, derivado dos conceitos relativos a robôs microscópicos, com endoscópios de cápsula. A quinta geração foi a dos sistemas autônomos que foram espelhados no teste de Turing, com o aprimoramento da capacidade de aprendizagem (ASHRAFIAN et al., 2017).

No Brasil, houve um crescimento de mais de 90% na instalação de robôs cirúrgicos, entre agosto de 2018 e fevereiro de 2020, onde ocorreu um salto de 40 para 76 nesse período, sendo que o primeiro robô foi instalado em 2008, e, partir desse ano, foram realizadas mais de 30 mil cirurgias e 1.200 cirurgiões certificados (COTTA, 2020).

A China iniciou em 2011 o financiamento público no campo da robótica médica, o que potencializou a inserção de novas patentes, decorrente desse financiamento em P&D, o que a fez elevar-se no número de patentes depositadas e de inventores nesse campo, além de encorajar a pesquisa tecnológica robótica e a sua aplicação no ramo da medicina (O'MEHARA, 2020).

A prospecção tecnológica é uma forma de se mapear o desenvolvimento científico e tecnológico de um produto e/ou serviço, servindo como uma ferramenta de verificação do estado de

desenvolvimento de uma inovação, o que permite direcionar os estudos e evitar que sejam trabalhados produtos e/ou serviços que já se encontrem no mercado e que se constituam em uma cópia do que já existe (RIBEIRO, 2018).

A Patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção, outorgado pelo Estado aos inventores, a pessoas físicas ou jurídicas detentoras do direito sobre a criação e possui validade territorial. Para que a patente seja concedida a invenção deve apresentar os requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Cada uma das patentes recebe uma classificação de acordo com a Classificação Internacional de Patentes, do inglês *International Patent Classification (IPC)*, em vigor desde 1968, a qual é utilizada por mais de 90 países, (RUSSO et al., 2016; RIBEIRO, 2018; SANTOS, 2018).

Para se obter o registro de uma patente no Brasil, leva-se um tempo razoavelmente grande, e o número de patentes concedidas é relativamente baixo em comparação com a China. Entre vários motivos para isso, pode-se citar a falta de investimento público e de financiamento para pesquisas, além de política falha e deficiente na formação de corpo técnico em quantidade suficiente para divulgar e aplicar as tecnologias que irão ser patenteadas.

O histórico brasileiro é de ser um país avançado e qualificado na área de medicina, porém enfrenta um hiato na questão tecnológica. Os pedidos de depósitos de patentes estão incipientes em questão de robôs cirúrgicos, portanto, não permite que o país integre o clube das potências mundiais relativas à inovação nessa área. A tecnologia nacional está sendo produzida de forma insuficiente para suprir essa demanda, e isto se torna uma grave resistência, por que a importação de tecnologia aprovisiona o mercado nacional e causa um decréscimo de divisas e a elevação do preço do produto com a desvalorização frente ao dólar da moeda nacional e também a fuga de mão de obra capacitada para o exterior, que são atraídos por ofertas salariais maiores e melhores condições de trabalho.

A regulação do setor apresenta alguns problemas relativos à segurança, pois tudo neste universo impacta diretamente na vida das pessoas de forma imediata e decisiva. Em regra, o ramo da saúde é muito inovador, segundo a Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS (2019) os investimentos em saúde crescem mais rápido do que investimentos no resto da economia mundial, atingindo um montante de 10% do produto interno bruto mundial e no Brasil o investimento total em saúde está em torno de 8% do produto interno bruto nacional. Neste setor tem-se uma baixa escala de produção e elevada densidade tecnológica. No Brasil, as oportunidades são ditadas por vontade política e no setor público nem sempre se consegue a eficiência necessária para alcançar os resultados esperados.

O gestor público nem sempre é o elemento responsável pelo engessamento da área da saúde. Os padrões de qualidade aos quais todo o ramo está vinculado retardam o seu avanço, de modo que a iniciativa privada, na maioria das vezes consegue se sobressair em relação à pública devido a disponibilidade de recursos financeiros, cujo principal objetivo é gerar lucros, e portanto com maior capacidade de atrair recursos humanos de melhor qualidade técnica, advindos principalmente da esfera pública, segundo a OPAS (2019) dos 8% do PIB brasileiro investidos em saúde, 4,4% do PIB ou 55% dos 8% da saúde é oriundo da iniciativa privada e 3,6% PIB ou 45% dos 8% da saúde é proveniente dos gastos públicos.

O presente trabalho tem como objetivo realizar prospecção tecnológica da área de robôs cirúrgicos através de patentes, e como consequência, identificar os países e as empresas detentoras das patentes, os inventores, a tecnologia dominante e as IPC, para isso utilizou o Sistema “*Orbit Intelligence*”, da Questel.

2 METODOLOGIA

A primeira parte do estudo foi desenvolvida por meio de uma pesquisa documental, exploratória e qualitativa. Foi realizado um levantamento de referencial teórico sobre o tema e foram utilizados livros, artigos, dissertações, teses e matérias em sites especializados com uso de ferramentas de busca sobre o tema em pauta como: SCIELO, LILACS, PUBMED, Google Acadêmico e Google.

A prospecção tecnológica utilizou-se da busca nas bases de dados de documentos de patentes, Sistema Questel-Orbit, por ser o mais completo, conforme verificado em outros trabalhos. A pesquisa foi realizada entre agosto e setembro de 2020, com espaço amostral de janeiro de 2000 até setembro de 2020, no total de 20 anos, consistindo na busca de patentes relacionadas a robôs cirúrgicos aplicados em cirurgias humanas.

Os passos metodológicos foram os seguintes: definição das estratégias de pesquisa e palavras-chave; verificação das informações contidas nos documentos de patentes encontradas; tratamento dos dados obtidos; análise das informações e geração de um documento com os resultados obtidos.

A classificação Internacional de Patentes – IPC - identifica os depósitos de acordo com a aplicação, dividindo-as em 8 seções, 21 subseções, 120 classes, 628 subclasses e 69.000 grupos. Na pesquisa utilizou-se o IPC A61B 34/00 que tem a seguinte descrição: Cirurgia Assistida por Computador, Manipuladores ou Robôs Especialmente Adaptados para Uso em Cirurgia; A61B 34/30 - Robôs Cirúrgicos. Não foram utilizados outros subgrupos porque o objetivo do trabalho era específico para robôs cirúrgicos.

Dessa forma, a filtragem para a buscas de documentos de patentes, evitou-se encontrar patentes não relacionadas aos objetos de pesquisa, sendo adotado como estratégia a utilização das palavras-chave, nos campos de busca títulos e resumos, os termos: “*surgical*”, “*robot*”, “*human*” associadas entre si com o conector booleano “*AND*” aplicadas sobre uma classificação específica, A61B 34/30. O idioma utilizado para a pesquisa foi o inglês. O tempo relativo aos resultados encontrados foi a partir do primeiro depósito.

Foi utilizado para realização desta prospecção tecnológica, preferencialmente o Sistema Questel-Orbit por se tratar de um trabalho cuja prática acadêmica consistia no aprendizado para manipulação desta ferramenta. Este trabalho pode ser reproduzido em outras plataformas a exemplo da plataforma *ESPACENET* do Escritório Europeu de Patentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos dados, o presente estudo concentrou-se na plataforma “*Orbit Questel*”, trabalhando uma gama gráfica e estatística disponibilizada pela ferramenta, até sua redução a um universo de 8 (oito) ferramentas, entre gráficos e tabelas, que melhor representam o estudo e objeto do trabalho, dentre eles o de mapear os principais inventores, principais países com depósitos de patentes, o *status* legal e a aplicação tecnológica. O resumo dos resultados prospectivos segue apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da prospecção de patentes depositadas relacionadas a tecnologias para robôs cirúrgicos aplicados em cirurgias humanas e prospectadas no Orbit.

Palavras-chave com aplicação do conector booleano AND			Classificação IPC	Resultados
<i>Surgical</i>	<i>Robot</i>	<i>Human</i>	A61B 34/30	
X			X	3.979
	X		X	3.218
		X	X	778
X	X		X	2.553
X		X	X	598
	X	X	X	563
X	X	X	X	456

Fonte: Autoria própria baseado no resultado do *Orbit* (2020).

As bases de dados foram extraídas e exportadas entre 25 de agosto e 7 de setembro de 2020, cujos resultados encontram-se mostrados na Tabela 1. No uso das palavras-chave “*Surgical*”, “*Robot*”, “*Human*” com aplicação do conector booleano “*AND*” e uso do IPC A61B 34/30 teve como resultado final 456 patentes. Como é do conhecimento dos técnicos no assunto, as prospecções das palavras-chave individuais “*Surgical*”, “*Robot*” e “*Human*”, com resultados de 3.979, 3.218 e 778,

respectivamente dizem respeito a todo o universo de patentes relacionadas a estas palavras-chave dentro da classificação IPC específica. O mesmo se aplica a conexão booleana “*Surgical-Robot*”, “*Surgical-Human*” e “*Robot-Human*”, com resultados de 2.553, 598 e 563, respectivamente. Desta forma para direcionar o objeto da pesquisa a situação problema: patentes relacionadas a robôs cirúrgicos para cirurgias humanas, foram analisadas as patentes que atendiam às três palavras-chave específicas e que resultaram em 456 registros. Dos resultados da pesquisa prospectiva realizada, através de uma análise mais aprofundada dos textos de patente, pode-se perceber as seguintes ocorrências:

Quadro 1 - Análise das patentes prospectadas.

Denominação	Total	Denominação	Total	Denominação	Total
Instrumentos e sistemas de instrumentos	22	Dispositivos	58	Assento de transmissão	8
Braço mecânico e de robô	26	Robô cirúrgico e sistema de robô	96	Sistemas e Métodos	43
Mecanismos	22	Corrimão, estrutura, base, apoio, bandeja, garra, alça, suporte, palete, plataforma	20	Ferramenta, sistemas	17
Sistema cirúrgico	10	Sistema de controle	12	Manipulador	10
Outros sistemas	20	Outros usos	92		

Fonte: Autoria própria baseado no resultado do *Orbit* (2020).

O Quadro 1 mostra que os dispositivos envolvidos diretamente na cirurgia robótica não representam o maior percentual, pois a inovação ocorre em maior grau nos dispositivos periféricos e adjacentes, e em decorrência da curva de aprendizagem nas diversas técnicas e métodos que propiciam alcançar melhores resultados.

As principais contribuições estão relacionadas às invenções para a correção de movimentos em sistemas teleguiados; sistema de monitoramento de telas e câmeras; sistema de navegação; sondas articuladas e de imagem-guia, dispositivos de posicionamento dos equipamentos, entre outros.

Em relação às técnicas e métodos patenteados encontram-se a melhoria na precisão, performance e montagem dos equipamentos entre outros.

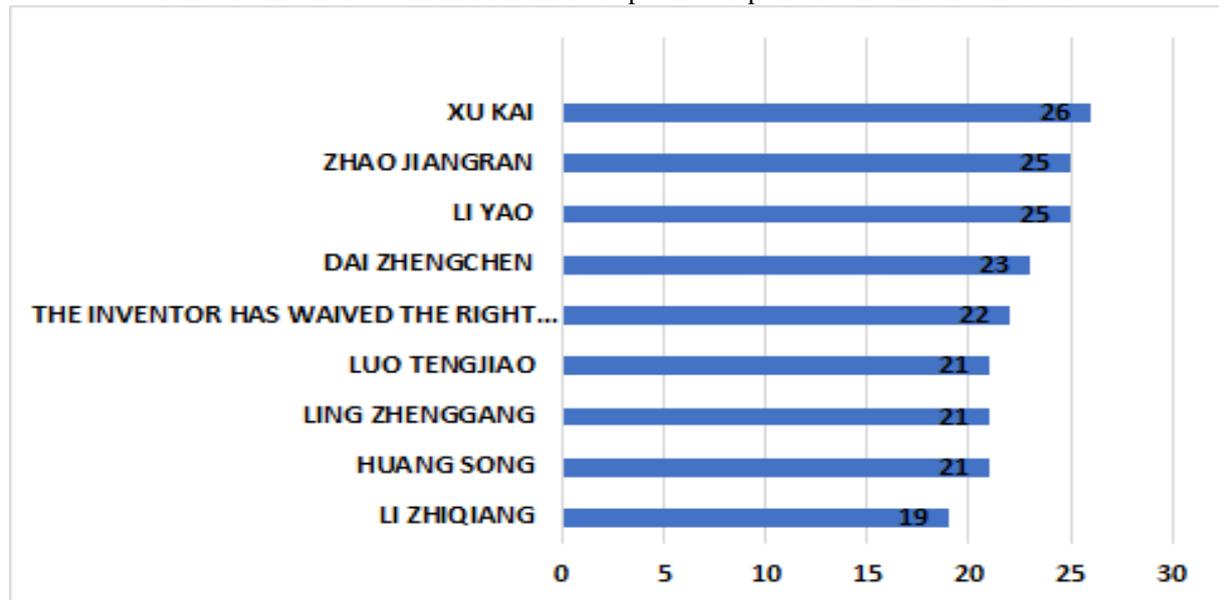
A área de saúde requer investimento financeiro significativo e os grandes conglomerados empresariais e financeiros sustentam o setor com aplicação de recursos elevados. A saúde é relativizada em decorrência dos riscos advindos do setor, e as diretrizes são determinadas pela legislação internacional, o que exige tempo de adaptação e de cuidados no seu uso e manipulação devido aos riscos inerentes do setor.

Não existe lógica utilizar como empecilho às limitações financeiras para enquadrar os procedimentos médicos a serem adotados em cada caso, o que pode levar a um efeito negativo em

espiral, ocasionando uma inadequação nos serviços prestados. Fica mais evidente a aparente diferença competitiva entre o setor público e o privado, pois o setor público tem como prioridade o atendimento universal, público e gratuito, além da geração de bem-estar social e coletivo em detrimento da lucratividade.

Os inventores com mais patentes na área em estudo são da China conforme é mostrado no Gráfico 1, o que é coerente com o país que detém o maior número de patentes depositadas, como pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 1 - Inventores com maior número de patentes depositadas na amostra em estudo.

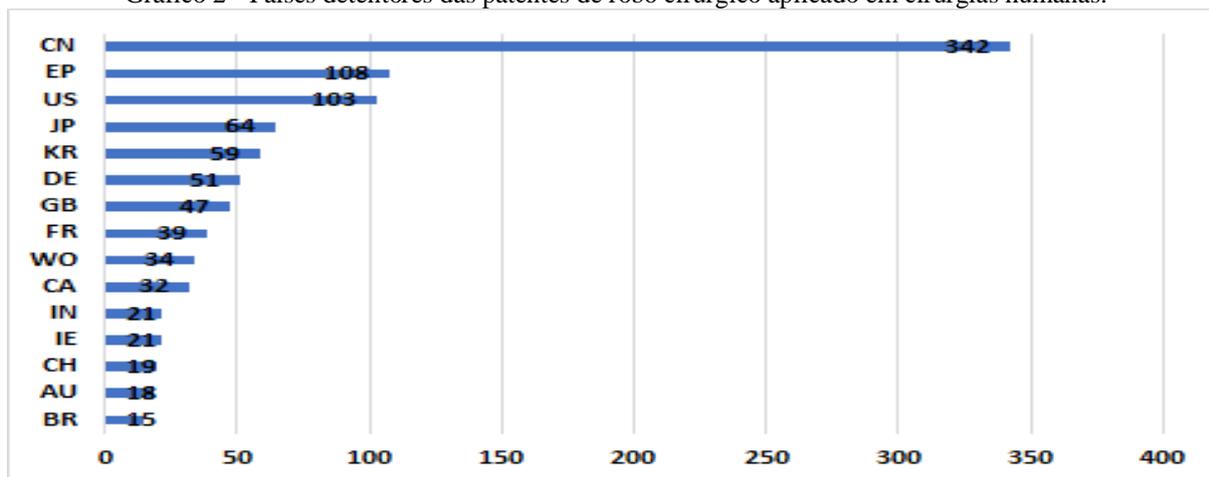


Fonte: Autoria própria baseado no Orbit (2020).

O Gráfico 1 ao identificar os inventores com maior número de patentes depositadas, demonstra os potenciais parceiros no desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para o segmento dos robôs cirúrgicos. Fazendo uma analogia ao mercado financeiro, em que investidores buscam os indícios em mercado e os dados dos resultados financeiros para direcionar os seus aportes de investimentos, com referência aos depósitos de patentes, dados como o do Gráfico 1 ajudam instituições e empresas a identificar os principais parceiros em potencial para pesquisa e desenvolvimento ou para transferência de tecnologia. Mostra também que 22 inventores renunciaram ao direito de ser mencionado na patente depositada. Os inventores citados estão relacionados com os depositantes “Chengdu Borns Medical Robotics” e “Beijing Surgerii Technology”.

Os países que detêm proteção para os registros de patentes depositadas são demonstrados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Países detentores das patentes de robô cirúrgico aplicado em cirurgias humanas.

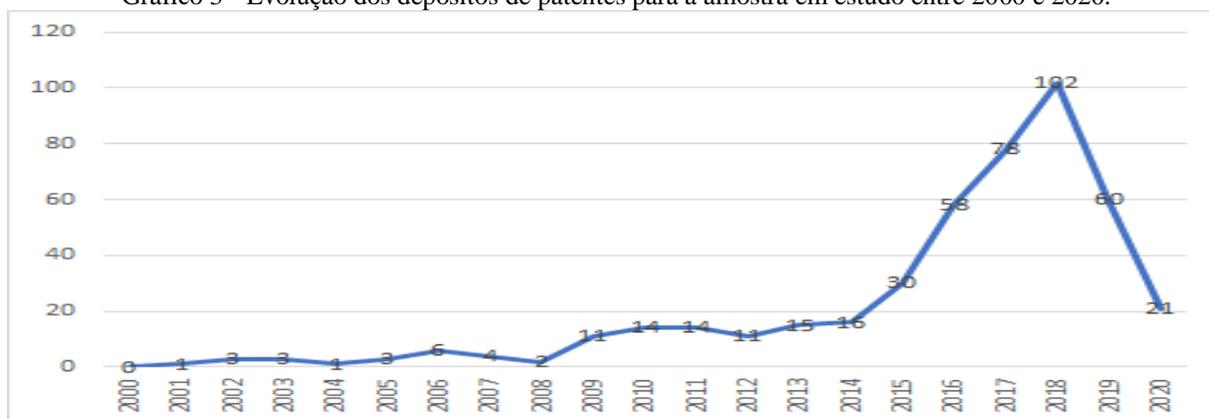


Fonte: Autoria própria baseado no Orbit (2020).

O Gráfico 2 apresenta a China como o maior detentor de depósito de patentes com 35,15% e o Brasil representando apenas 1,54%. A diferença entre a líder China e o segundo colocado, Espanha, é de mais de 200%. Mostra também que a China tem um grande predomínio sobre os Estados Unidos da América nessa tecnologia em mais do que o triplo, o que é impressionante, principalmente devido ao avanço tecnológico observado nesse país oriental em relação aos demais e do investimento em P & D. Este gráfico também demonstra que essas tecnologias estão depositadas em outros mercados, servindo de estratégia para os detentores depositarem em países chaves com potencial de exploração econômica e proteção do invento e do mercado-alvo dessa tecnologia. A ilustração também demonstra a estratégia de proteção do solicitante e, assim, ajuda a identificar os mercados-alvo.

O Gráfico 3 desenha a evolução das patentes nos últimos 20 anos, mostrando o dinamismo dos inventos principalmente nos últimos anos.

Gráfico 3 - Evolução dos depósitos de patentes para a amostra em estudo entre 2000 e 2020.



Fonte: Autoria própria baseado no Orbit (2020).

O Gráfico 3 mostra que até 2008 o número de depósitos se mostrava estável e linear. Em 2009 teve um crescimento mais acentuado numa tendência quase constante e que durou até 2014. A partir de 2014 ocorreu um crescimento exponencial com o auge aqui representado em 2018, porém com uma maior taxa de crescimento em 2016 com 93,33%. Necessário considerar que os valores apresentados para os anos de 2019 e 2020 ainda não refletem o número exato de depósitos, uma vez que ainda existem patentes que se encontram em processo de sigilo. A linha de raciocínio também vale para os investimentos em P & D, que quando é constante tende a manter no mesmo nível os inventos e quando ocorre um substancial aporte financeiro o reflexo é no crescimento exponencial dos depósitos de patentes.

A patente dos robôs da Vinci está vencendo e conseqüentemente perdendo o monopólio, estimulou os adversários econômicos a desenvolverem equipamentos concorrentes, o que pode ter influenciado o relevante quantitativo de patentes depositadas.

A partir de 2014 houve a entrada de uma nova era com a internet industrial, onde havia a conexão das máquinas com as pessoas, com a utilização de dados analíticos avançados, melhorando a produtividade, convergindo as informações, evitando perdas, melhorando a performance das máquinas o que serviu como um propulsor para o crescimento dos depósitos de patentes dos robôs, melhorando o desempenho das máquinas nas cirurgias, principalmente as mais complexas. Também ocorreu uma melhora na interação entre as pessoas e as máquinas, o que contribuiu para a necessidade de novos métodos de trabalho e de gestão.

A partir de 2015 ocorreu a ascensão da tecnologia da Inteligência Artificial, o que pode ter contribuído para o crescimento do depósito de patentes de robôs cirúrgicos. Na China nesse período ocorreu a ascensão da “Internet Plus”, o que possibilitou a abertura de novas plataformas tecnológicas voltadas para o segmento médico, o que proporcionou a capacitação desse segmento, principalmente nas questões relativas à análise das imagens médicas e leitura de máquina e diagnóstico inteligente, o que contribuiu para o crescimento do setor de robôs que poderiam atuar com mais precisão, estabilidade e segurança nas cirurgias, além de poderem levar mais tempo no processo cirúrgico sem se cansar ou se estressar.

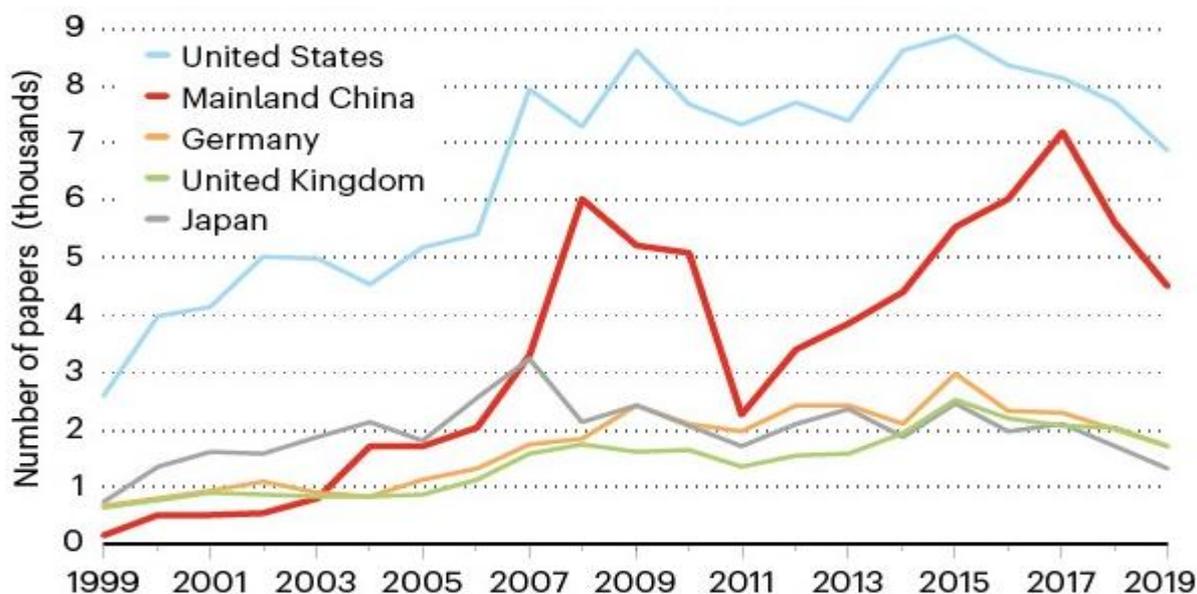
O crescimento verificado entre 2016 e 2018, ficou situado em uma média de 32%, o que permite uma expectativa de que em 2019 possam ter ocorridos aproximadamente 135 depósitos de patentes, considerando a permanência da tendência de alta apontada pelo Gráfico 3. A robótica tem crescido no mundo devido a sua utilização clínica, o aumento do investimento nessa área que faz parte integrante de políticas públicas dos governantes e ao avanço tecnológico nas áreas de engenharia, especificamente

na mecatrônica, inteligência artificial, imagens médicas e materiais, o que contribuiu para o desenvolvimento e crescimento dos robôs cirúrgicos e o seu patenteamento. Na China, a partir de 2011 cresceu o nível de financiamento público em robótica médica e conseqüentemente na produção de pesquisa, com a necessidade de introdução de novos equipamentos.

Figura 2 – Publicações sobre robô médico.

ARTIGOS PUBLICADOS

A China intensificou os esforços de pesquisa em sistemas de robótica médica nas últimas duas décadas, como mostrado pelo número de artigos que publicou na robótica biomédica. Os artigos dos Estados Unidos nessa área também aumentaram, enquanto os de outros países permaneceram estáveis.

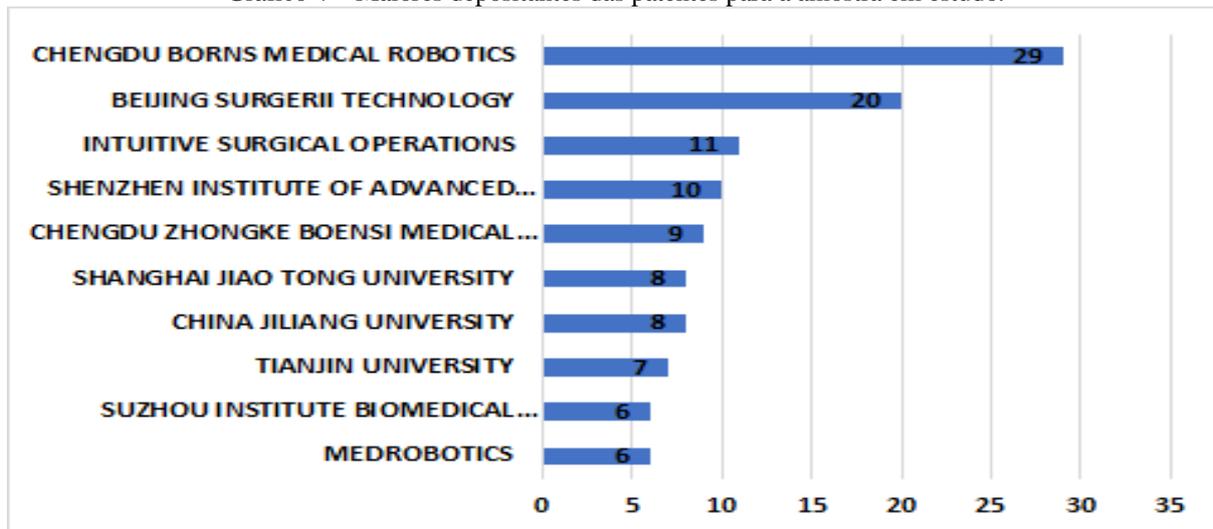


Fonte: O'MEARA (2020).

A Figura 2 mostra que a publicação de artigos não segue a mesma lógica do depósito de patentes, inclusive os EUA superam os chineses na divulgação de trabalhos relacionados com a área, atingindo um pico de quase 9.000 publicações em 2015, contra aproximadamente pouco mais de 5.500 publicações da China. Contraria a tendência de quase duas décadas, estranhamente a partir de 2015 para os Estados Unidos e a partir de 2017 para a China houve uma inversão da tendência anual de aumento no número de publicações para uma tendência de redução no número de publicações com os estados Unidos chegando a um pouco menos que 7.000 publicações e a China a algo próximo de 4.500 publicações em 2019.

Quanto aos maiores depositantes de patentes, percebe-se que são chineses, conforme pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Maiores depositantes das patentes para a amostra em estudo.



Fonte: Autoria própria baseado no Orbit (2020).

O Gráfico 4 mostra que a indústria de robótica e de tecnologia se sobressaem nesse grupo, porém ainda é possível perceber três universidades entre aqueles que mais depositam patentes neste segmento, o que pode ser um fator de incentivo para que se façam parcerias para o desenvolvimento desse campo tecnológico. O gráfico aponta também o tamanho dos portfólios de patentes dos requerentes. Os dados apresentam-se como um bom indicador do nível de inventividade das instituições comercialmente ativas no segmento prospectado, indicando a propensão do candidato a colaborar com o segmento e também identificando seus parceiros principais. Observa-se respectivamente a “Chengdu Borns Medical Robotics” e “Beijing Surgerii Technology” como os dois depositantes que possuem o maior número de patentes em seus portfólios na área analisada, cerca de 43%, diferenciando-os significativamente dos demais depositantes. Entre as dez empresas com o maior número de patentes depositadas, nota-se que oito são chinesas e duas estadunidenses. Apesar da Espanha se constituir no segundo país em números de depósitos de patentes, entre as dez mais relevantes não existe nenhuma empresa espanhola.

A Chengdu Borns Medical Robotics é a empresa que ocupa a liderança no número de depósitos de patentes, estando situada na cidade de Chengdu, na China, instalada em um dos maiores parques econômicos chinês, o Tianfu Software Park, tendo sido fundada por Yao Li, que é um renomado cientista do Stanford AI Lab. O centro de P & D da empresa fica localizado no Vale do Silício, nos Estados Unidos da América e na China encontra-se apenas a fábrica. A composição da empresa é de cientista robótico, cirurgiões clínicos e engenheiros biomédicos.

Quanto à situação legal das patentes, a maioria das patentes de robôs cirúrgicos depositadas foram concedidas, havendo apenas 177 pendentes, conforme pode ser evidenciado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Situação legal das patentes.



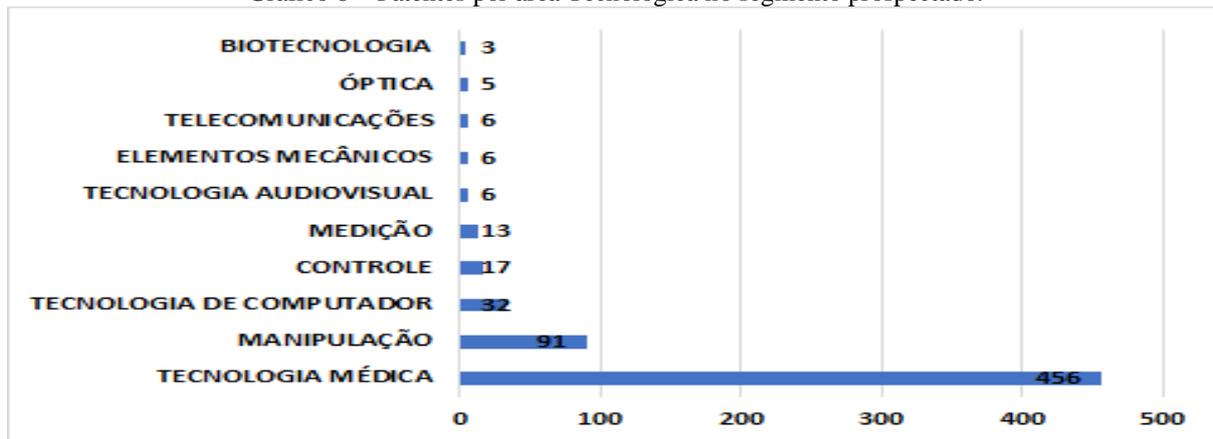
Fonte: Autoria própria baseado no Orbit (2020).

O Gráfico 5 ilustra a situação legal das patentes prospectadas, onde apenas 2 patentes foram expiradas, enquanto que 233 foram concedidas.

A tecnologia aplicada aos robôs cirúrgicos possui um percentual ínfimo de patentes expiradas, cerca de 0,44%, o que garante ser a tecnologia nova e recente, ficando evidenciado que o mercado está com grande interesse nesse segmento. Todos os indicadores levam à interpretação de que os investidores estão atentos aos movimentos do setor, acompanhando de perto a evolução acadêmica desenvolvida de modo a aproveitar esses estudos para dinamizar e modernizar o setor. Quem ganha com esse movimento é o usuário geral do sistema de saúde, seja na esfera pública ou privada. Existem cerca de 177 patentes pendentes, que representam um quantitativo relevante e que se aproxima do valor das concedidas, o que também demonstra a ascensão dessa tecnologia. O percentual de patentes revogadas é muito ínfimo, cerca de 1,10%, que normalmente estão relacionadas a questões legais e administrativas, o que induz a inferir que a competitividade entre os depositantes não é muito elevada, o que permite ter uma visão ampliada do mercado.

Se formos observar o número de patentes por área tecnológica, a tecnologia dominante para o robô cirúrgico é na área médica como pode ser visto no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Patentes por área Tecnológica no segmento prospectado.

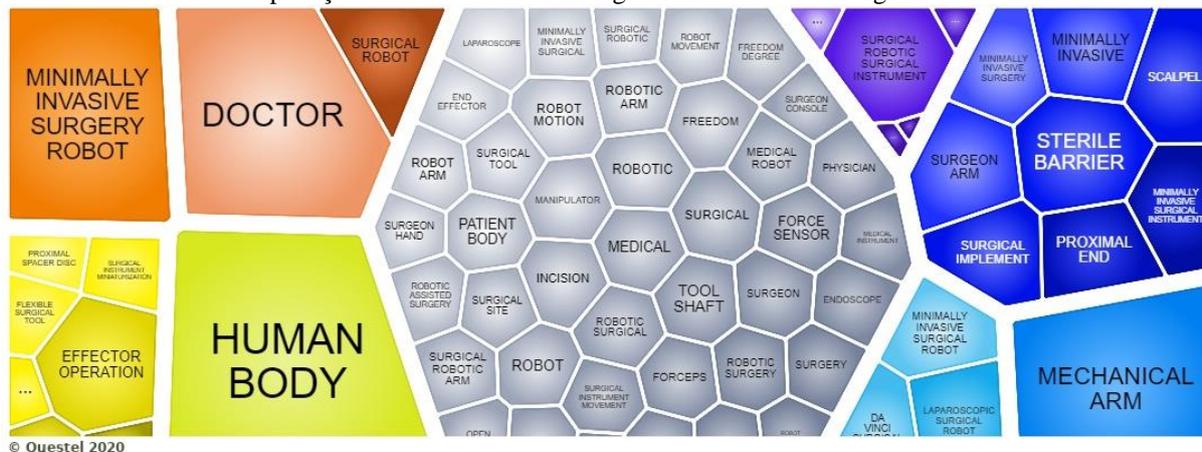


Fonte: Autoria própria baseado no Orbit (2020).

O Gráfico 6 mostra que todas as patentes prospectadas têm como tecnologia dominante a área médica com 71,81% das patentes, o que é coerente com a utilização do robô, que é voltado para a cirurgia, que se encontra inserido no campo da medicina. A segunda colocada foi a área de manipulação, representando 14,33% das patentes depositadas. O seu resultado é baseado no código da Classificação Internacional de Patentes (IPC do termo em inglês) contidos em um conjunto de patentes que está sendo analisado. Os códigos IPC foram agrupados em 35 campos de tecnologia, porém em apenas 20 a cirurgia robótica posicionou-se. Analisando os dados vê-se que as categorias que têm menos representatividade têm pontos importantes para serem explorados como um meio de identificar outras aplicações potenciais das patentes.

Como uma forma de analisar as principais temáticas trazidas pelo segmento prospectado, os principais conceitos relativos às patentes do universo amostral encontram-se demonstradas no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Aplicações e conceitos de tecnologias relacionadas à cirurgia robótica humana.



Fonte: Plataforma Orbit Questel (2020).

O Gráfico 7 ilustra a distribuição dos principais conceitos contidos nas patentes prospectadas, onde percebe-se a predominância de alguns eventos e contribui para a análise dos seus significados, principalmente as de maior ocorrência, como a palavra-chave Cirurgia Robótica Humana. Os principais procedimentos cirúrgicos que possuem P & D e utilizam robôs como a laparoscopia, endoscopia, incisões entre outros. Os equipamentos ou partes de equipamentos cirúrgicos também surgem como os êmbolos e bisturis. Os pesquisadores e desenvolvedores sinalizam a sua preocupação com esse campo, principalmente utilizando-se de palavras como grau de liberdade, cirurgia minimamente invasiva e corpo do paciente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quarta revolução industrial está no seu apogeu, baseando-se nas tecnologias emergentes para reinventar produtos e serviços, utilizando como ferramenta a nanotecnologia, a robótica e a inteligência artificial. O homem sempre buscou meios de formas de colocar a tecnologia para fazer as tarefas humanas, principalmente utilizando-se da robótica em diversas áreas, principalmente na médica, realizando procedimentos rotineiros, o que contribui para o surgimento de organizações voltadas para a gestão desses produtos, além da existência de um novo mercado que visa suprir as necessidades desses novos produtos.

As cirurgias robóticas combinam a abordagem invasiva com maior precisão, exatidão e controle dos parâmetros, reduzindo o tempo de recuperação pós-operatória, tornando-se uma grande aliada dos cirurgiões, principalmente voltada para as cirurgias mais complexas e que demandam mais tempo.

A utilização do robô cirúrgico visa reduzir as possíveis falhas humanas, além de proporcionar vantagens para o detentor da patente, que vai criar um nicho na área de atuação.

A prospecção tecnológica baseia-se no mapeamento do desenvolvimento tecnológico das patentes, o que proporcionou a verificação da evolução temporal das tecnologias, assim como os principais inventores e depositantes, o que pode gerar parcerias. Também propiciou um caminho para verificar que a tecnologia da área médica é propícia e é a que está em alta.

A maioria das empresas detentoras de patentes são da área tecnológica, mas existem três universidades no ranking dos 10 mais em depósitos. A China é o país que possui mais depósitos de patentes.

A prospecção realizada no presente trabalho, mostrou a tendência do mercado em termos de investimento no setor com a evidenciação dos principais locais de investimento e as suas potenciais linhas de inovação tecnológicas, além dos indicadores econômicos direcionados aos setores públicos e privados.

O estudo mostra que há um crescimento não linear no depósito de patentes relacionadas aos robôs cirúrgicos e que um dos motivos pode estar associado ao vencimento das patentes do Sistema da Vinci.

A tecnologia relativa aos robôs cirúrgicos tendem a se desenvolver muito mais rapidamente, fazendo interface com todas as etapas envolvidas na cirurgia, como as imagens, tomografias, ressonâncias, o que vai facilitar a vida do médico-cirurgião, que vai conhecer mais detalhes do corpo humano e de todo o serviço executado, assim como todas as nuances peculiares da cirurgia, agregando mais conhecimento nessa área, o que pode reduzir as dificuldades inerentes ao trabalho realizado nas pessoas e com tendência à simplificação da técnica, além de incorporar meios de treinamentos mais eficazes e com baixíssimo risco.

O aperfeiçoamento dos robôs contribuirá para proporcionar mais segurança aos médicos, principalmente nos movimentos mais delicados e nas regiões mais difíceis do corpo humano.

A tendência do mercado com o uso de robôs vai ser a redução dos custos de fabricação em decorrência de uma demanda crescente, o que vai impactar para a redução dos custos, que atualmente é muito elevado e que encarece o procedimento cirúrgico. Também vai facilitar a sua aquisição pelas faculdades de medicina, contribuindo para treinar os futuros médicos nessa arte, que ainda é feita de forma artesanal, usando os mesmos métodos do início dos cursos voltados para a cirurgia, o que aumenta os riscos para os pacientes que normalmente servem de cobaia para os futuros profissionais em treinamento, apesar de terem aplicado o seu conhecimento teórico em corpos inanimados.

REFERÊNCIAS

AUTORES. *American Journal of Surgery*. **Robotic technology in surgery: Past, present, and future**. 2004. Disponível em: <[https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610\(04\)00375-7/fulltext](https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610(04)00375-7/fulltext)>. Acesso em: 18 mai. 2019.

ASHRAFIAN, H.; CLANCY, O.; GROVER, V.; DARZI, A. The evolution of robotic surgery: surgical and anaesthetic aspects. **British Journal of Anaesthesia**, 119 (S1): i72–i84 (2017). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007091217541173>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

BARRERA, R. J. O. The Surgical Robot: Applications and Advantages in General Surgery. 2017. In: Küçük S (ed) Surgical robotics. **IntechOpen**, London. DOI: 10.5772 / intechopen.68864. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/surgical-robotics/the-surgical-robot-applications-and-advantages-in-general-surgery>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

_____. *Metabolic and Bariatric Surgery: Evolution, Techniques, and Management, Gastrointestinal Surgery - New Technical Proposals*, Vincenzo Neri, **IntechOpen**, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.73676. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/gastrointestinal-surgery-new-technical-proposals/metabolic-and-bariatric-surgery-evolution-techniques-and-management>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 15 mai. 1996. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm>. Acesso em: 30 jun.2019.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 12 jan. 2016. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm>. Acesso em: 30 jun.2019.

COTTA, R. Aumenta 90% o número de robôs cirúrgicos instalados no Brasil. **Terra**, 14 abr. 2020. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/aumenta-90-o-numero-de-robos-cirurgicos-instalados-no-brasil,c49d4fb7ad6efb97c9c73284ef078b3ai13y3eco.html>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

GADELHA CAG, Maldonado JMSV, Costa LS. **O Complexo Econômico Industrial da Saúde e a Dimensão Social e Econômica do Desenvolvimento**. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/rsp/v46s1/ao4188.pdf>>. Acesso em: 29 jun.2019.

MORTON, J.; HARDWICK, R. H.; TILNEY, H. S.; GUDGEON, A. M.; JAH, A.; STEVENS, L.; MARECIK, S.; SLACK, M. Preclinical evaluation of the versius surgical system, a new robot-assisted surgical device for use in minimal access general and colorectal procedures. **Surg Endosc** 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00464-020-07622-4>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

O'MEARA, S. Robótica médica na China: a ascensão da tecnologia em três gráficos. *Nature*, v. 582, p. s51-s52, 2000. Disponível em: < <https://go.nature.com/3fcf5KZ>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Países estão gastando mais em saúde, mas pessoas ainda pagam muitos serviços com dinheiro do próprio bolso.** Brasília-DF, 2019. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5874:países-estão-gastando-mais-em-saúde-mas-pessoas-ainda-pagam-muitos-serviços-com-dinheiro-do-próprio-bolso&Itemid=843>. Acesso em: 09 set. 2020.

PEÑA, R. T. Cirurgia robótica: una tecnologia disruptiva. **INFODIR**, 2019, v. 29, p. 91-106, jul./dez. 2019. Disponível em: <<https://www.medigraphic.com/pdfs/infodir/ifd-2019/ifd1929j.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

PITASSI, C.; GONÇALVES, A. A.; BARBOSA, J. G. P.; MARTINS, C. H. F. **A Cirurgia Robótica nas Organizações Públicas de Saúde: O Caso do Instituto Nacional do Câncer (INCA).** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/306333870_A_Cirurgia_Robotica_nas_Organizacoes_Publicas_de_Saude_O_Caso_do_Instituto_Nacional_do_Cancer_INCA>. Acesso em: 29 jun.2019.

RIBEIRO, N. M. (Org.). **Prospecção tecnológica** [Recurso eletrônico on-line]. Salvador, BA: IFBA, 2018. Disponível em:<<http://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospecao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf>>. Acesso em: 29 jun.2019.

RUSSO S. L. BORTOLI, R.; TATUM, C. T. S.; SANTOS, J. A. B. (Org.). **Propriedade Intelectual: um guia em forma de questões.** Aracaju: Associação de Propriedade Intelectual, 2016.

SANTOS, W. P. C. (Org.). **Propriedade intelectual** [Recurso eletrônico on-line]. Salvador, BA: IFBA, 2018. Disponível em:<<http://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2020/07/PROFNIT-Serie-Conceitos-e-Aplicacao-de-Propriedade-Intelectual-Volume-I.pdf>>. Acesso em: 29 jun.2019.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; SOUZA, C. R.; MAIA, P. M.; SIQUEIRA, S. L. Cirurgia robótica: aspectos bioéticos. **ABCD, arq. sutiãs cir. escavação.** v.29, n.4, São Paulo out./dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-67202016000400287>. Acesso em: 25 ago. 2020.

THOMAS M. KRUMMEL, M.D. J.KENNETH SALISBURY JR., PH.D.. *Americal Journal of Surgery.* **Robotic technology in surgery: Past, present, and future.** 2004. Disponível em: <[https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610\(04\)00375-7/fulltext](https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610(04)00375-7/fulltext)>. Acesso em: 18 mai. 2019.