

MAPEAMENTO DA ÁREA DE PLASMA NO BRASIL E DE SUA PRODUÇÃO CIENTÍFICA A PARTIR DOS GRUPOS DE PESQUISA CADASTRADOS NO CNPq

J.M. Maricato^{1,2*}; E.C. Rangel³

¹ UNESP, Campus Experimental de Sorocaba, 18.087-180, Sorocaba, SP

² USP, Escola de Comunicação e Artes, Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação, 05.508-900, São Paulo, SP

³ UNESP, Campus Experimental de Sorocaba, Laboratório de Plasmas Tecnológicos, 18.087-180, Sorocaba, SP

Recebido: 21 de maio, 2008; Revisado: 25 de junho, 2008

Palavras-chave: área de plasma, grupos de pesquisas, CNPq, ciência e tecnologia, cienciometria.

RESUMO

A área de plasma no Brasil é analisada através dos indicadores de C&T por meio de técnicas bibliométricas e cienciométricas. A dinâmica da área de plasma é investigada de forma abrangente, atribuindo atenção especial à evolução da produtividade e qualidade das pesquisas realizadas entre os anos de 1995 e 2005. É realizada uma análise sobre como está estruturado o sistema de pesquisa na área de plasma no Brasil, a partir do diretório dos grupos de pesquisas cadastrados no CNPq, tão bem como os recursos, ferramentas e fontes de informações utilizadas para a construção dos indicadores de C&T que subsidiaram a presente pesquisa. Foram identificados 148 pesquisadores em 39 grupos, distribuídos entre 4 Regiões e 9 Estados brasileiros. A maioria dos grupos (18) está concentrada na área de física. Considerando-se autorias e co-autorias, 2536 artigos foram publicados entre os anos de 1995 e 2005. No mesmo período, a taxa média de publicação de artigos cresceu em aproximadamente 8,9%. Comparando-se a qualidade dos periódicos em que os pesquisadores publicaram seus artigos entre os períodos de 1996/2000 versus 2001/2005, notam-se melhoras expressivas. No segundo período, o número de publicações em periódicos com classificação "A internacional" cresceu aproximadamente 43% com relação ao período anterior. Muito embora tenham sido detectadas limitações nas ferramentas e bases de dados utilizadas para a construção dos indicadores, resultados importantes e confiáveis foram obtidos. Finalmente, nota-se que a área de plasma no Brasil encontra-se fortemente estruturada e amadurecida, mas ainda representa uma área em potencial para novas pesquisas e desenvolvimentos.

ABSTRACT

The plasma area in Brazil is analyzed through the Science and Technology (C&T) indicators by bibliometrics and scientometrics techniques. The dynamics of the plasma area is investigated, focusing on the productivity evolution and research quality in a period of ten years (1995 to 2005). The structure of the research system in this area is analyzed in terms of the research groups registered in CNPq agency, as

well as of the funds, tools and information resources employed to the construction of the C&T indicators, which supported the present study. Results reveal a total of 148 researchers in 39 groups, distributed between 4 Brazilian Regions and 9 States. The majority of the groups (18) are in the physics area. As one considers authored and co-authored, 2536 papers were published from 1995 to 2005. In the same period, the average rate of paper publication rose around 8.9%. Comparing the quality of the journals in which the researchers published during two different periods, that is, 1996-2000 and 2001-2005, an expressive improvement is noticed. In the second period (2001-2005) the number of publications in "A international journals" rose 43% with respect to the previous one (1996-2000). Even though there were detected limitations in the tools and bases used to the construction of the indicators, they furnished important and confident results. Finally, it is noticed that plasma area in Brazil is solidly structured and matured but still represents a potential area for new researches and developments.

1. INTRODUÇÃO

Especialistas e autoridades governamentais têm tido crescente interesse em análises quantitativas da produção científica, para auxiliar no entendimento da dinâmica da ciência e tecnologia (C&T), e para atuar como instrumento para planejamento de políticas e tomadas de decisões no campo científico e tecnológico [1]. Além do interesse nos indicadores de produtividade científica, torna-se crescente o interesse nos indicadores de produtividade tecnológica e de colaboração entre cientistas.

Após a Segunda Guerra, a C&T passou a ser considerada portadora de potencialidades para o desenvolvimento econômico e social, havendo uma reestruturação institucional do aparato governamental dedicado ao setor. Nos anos de 1970, diferentes países intensificaram o interesse em indicadores científicos, onde o "paradigma" da política científica sofreu uma mudança significativa, passando de uma "racionalidade ofertista", que caracterizou o período anterior, para uma "racionalidade de identificação de prioridades" [2]. Diante dessa reestruturação foram incorporados gestores e

* jmaricato@sorocaba.unesp.br

formuladores de políticas públicas que passam a exigir indicadores quantitativos que demonstrassem as tendências do setor e os resultados das políticas implantadas. Neste primeiro momento foi focado nos indicadores de ciência e, mais recentemente nos de tecnologia e, nos últimos anos nos indicadores de inovação.

Com a finalidade de suprir essa necessidade, surgem áreas, métodos e técnicas dedicadas a mensurar as informações de C&T. Grande parte dos esforços da área que passou a ser conhecida como “ciência da ciência” se encontra na elaboração de metodologias para a formulação desses indicadores, onde a ciência é considerada como um sistema de produção de informação, ou seja, um sistema de geração e difusão de conhecimentos que possuem insumos e resultados (inputs e outputs). A medição dessas categorias - insumos e resultados - são à base dos indicadores científicos [3].

As primeiras técnicas dedicadas a estudar os indicadores científicos surgiram em meados da década de 70, e já se encontram em pleno desenvolvimento, ou seja, em idade adulta [4]. Um dos métodos para o estudo do sistema de ciência, tecnologia e inovação é oferecido por um campo disciplinar denominado *cienciometria*. A *cienciometria* é uma das áreas relacionadas aos estudos métricos da informação. Dependendo do documento e dos objetivos a serem analisados recebem denominações diferenciadas, como *bibliometria*, *cienciometria*, *informetria*, *patentometria*, *webmetria*, etc [5].

Os indicadores *cienciométricos* se ocupam do desenvolvimento de metodologias para a construção e a análise de indicadores. Possui abordagem interdisciplinar, envolvendo áreas como a *bibliometria*, a economia, a administração, entre outras. A *cienciometria*, ou ciência das ciências, abarca o estudo das ciências físicas, naturais e sociais, com o objetivo de compreender sua estrutura, evolução e conexões, de modo a estabelecer relações da ciência com o desenvolvimento tecnológico, econômico e social [6].

Com base em técnicas *cienciométricas* e, partindo do conceito de Sistema Nacional de Inovação, que entende que a CT&I são fundamentais para o desenvolvimento de uma nação e ocorrem por meio da interação das mais diversas instituições [7], foi analisada uma parcela do sistema de C&T na área de plasma no Brasil. Partiu-se do princípio de que não há como analisar dados e informações isoladamente, sendo de extrema relevância que se entenda o sistema e suas relações como um todo. Procurou-se entender a dinâmica da área de plasma de forma abrangente. Dentre os indicadores e informações levantados e analisados, deu-se atenção especial à evolução da produtividade e qualidade das pesquisas realizadas entre 1995 e 2005.

O presente estudo abrange a área de Plasmas de maneira interdisciplinar, no entanto, pode ser generalizada com a definição da área de “Física de Plasmas”, ou seja, se ocupa da investigação de movimentos coletivos de partículas carregadas, elétrons ou íons, ou estados de equilíbrio destas partículas, sujeitas à ação de seus próprios campos. Este conjunto de partículas e campos representa um meio fluido chamado Plasma. Em particular, são tratadas questões como confinamento de plasma, equilíbrio e sua estabilidade, aquecimento e propriedades de transporte, propagação de ondas, intera-

ção de partículas com onda, instabilidades, turbulência e caos. São encontrados na natureza, como em descargas elétricas (relâmpagos), na ionosfera, no espaço interplanetário e intersideral, na corona solar, nas estrelas, anãs brancas e pulsares. Eles também são produzidos em laboratórios, como em descargas elétricas, em equipamentos de pesquisa em fusão nuclear, em lasers a gás, dispositivos semicondutores e metálicos e em equipamentos industriais a plasmas [8].

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivos principais entender como está estruturado o sistema de pesquisa na área de plasma no Brasil e a dinâmica da produção científica nesse campo do conhecimento.

Foram coletadas informações da área de plasma em diversas fontes de informação, cuja análise permitiu a construção de indicadores científicos quanto à distribuição geográfica e por área de conhecimento dos grupos de pesquisa, ao tipo de financiamento da instituição (público ou privado), a produtividade dos pesquisadores bem como a qualidade dos periódicos e por inferência dos artigos publicados entre o período de 1995/2005, dentre outros.

Finalmente, as informações resultantes desta pesquisa poderão ser utilizadas para a formulação de políticas públicas para a área de Plasma.

2. METODOLOGIA

O presente estudo se limitou a estudar alguns indicadores de resultados (output). Não foram analisados dados de input como a infra-estrutura para pesquisa, bibliotecas, laboratórios e equipamentos, recursos destinados à área, financiamento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), etc.

Primeiramente foram extraídas as informações sobre os grupos de pesquisa na área de plasma no Brasil. A busca deu-se entre os dias 15 e 25 de fevereiro de 2006 na base corrente do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil da Plataforma Lattes, disponível na página da internet através do endereço <http://lattes.cnpq.br/index.htm>.

A busca de informações estatísticas a partir do Diretório dos Grupos de pesquisa possui algumas limitações. Mesmo que possa ser considerado referência obrigatória nos levantamentos de recursos humanos em P&D, existe limitações, como a dificuldade de se conhecer sua efetiva cobertura, o fato de suas estatísticas consolidadas incluírem uma parcela variável de dupla contagem, de suas informações básicas serem prestadas voluntariamente pelos pesquisadores (pode-se supor que nem todos as prestem), etc. No entanto, sua base de dados é extremamente rica e permite uma primeira aproximação da dimensão do pessoal alocado em atividades de P&D [9].

Os grupos de pesquisa não-atualizados não aparecem nas buscas realizadas na base de dados dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq. O grupo que perde a certificação quando está há mais de 12 (doze) meses sem sofrer atualização [10]. Portanto, caso algum grupo de pesquisa na área de plasma estivesse nesta condição (sem atualização nos últimos 12 meses) o mesmo não foi contemplado neste estudo. Nas buscas foram utilizados os termos “plasma” e “plasmas”, nas áreas de “engenharia” e “ciência exatas e da ter-

ra”. As buscas nesta base são feitas no nome do grupo, título e palavras-chave da linha de pesquisa. Com esse critério de busca, notou-se que além dos grupos que atuam na área de plasma, também, foi selecionado um grupo de pesquisa que atua na área de “Física das partículas elementares”, sendo o mesmo excluído.

Optou-se por não buscar grupos na área de “ciências da saúde” pelo fato de a busca retornar muitos grupos que atuam na área de “plasma sanguíneo”. Mesmo que possa haver algum grupo na área de ciências da saúde que atue com plasma na análise, síntese ou tratamento de materiais acredita-se que os resultados deste trabalho não seriam significativamente alterados.

Outra fonte de informação importante para a realização do presente estudo foi o Currículo Lattes [11] do pesquisador na página da internet localizada no endereço <http://lattes.cnpq.br/>. Após a identificação dos grupos de pesquisa, foram localizadas, dentro de cada grupo, as linhas de pesquisa com alguma relação com a área de plasma e, desse modo, identificados os pesquisadores envolvidos com a área. Procedeu-se, então, a busca do Currículo Lattes do pesquisador (entre os dias 15 e 27 de fevereiro de 2006), e a identificação e coleta dos artigos científicos publicados por cada autor. Os artigos científicos utilizados neste estudo foram limitados ao período de 1995 a 2005.

Existem outros métodos para avaliar a produção científica, por exemplo, através de livros publicados, apresentação de trabalhos em eventos, orientações, as teses e dissertações, depósito de patentes, etc. No entanto, o presente estudo limitou-se à utilização desse indicador para se avaliar a produtividade dos pesquisadores e grupos de pesquisa da área de plasma.

Para o levantamento da produtividade dos pesquisadores foram contados artigos publicados em autoria individual ou coletiva. Não foi utilizado nenhum critério de divisão de artigos entre o número de pesquisadores responsáveis pela publicação.

A determinação da qualidade dos artigos científicos publicados pelos pesquisadores na área de plasma teve como base a qualidade dos periódicos utilizados na veiculação desses artigos. Utilizou-se a base de dados Qualis: Classificação de Periódicos, Anais, Jornais e Revistas, versão 1.0 de 2004 [12].

O Qualis é uma classificação feita pela CAPES dos veículos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da produção intelectual de seus docentes e alunos, cujo objetivo é atender às necessidades específicas da avaliação da pós-graduação realizada pela agência. Revista e atualizada anualmente, essa classificação é feita por 44 comissões de consultores, cada qual focalizando um conjunto específico de áreas do conhecimento, e se baseia nas informações fornecidas pelos programas, por meio do Coleta de Dados/CAPES, sobre os trabalhos publicados por seus docentes e discentes. Essa base foi concebida pela CAPES objetivando a avaliação dos programas de pós-graduação. No entanto, pôde ser perfeitamente adotada e adaptada à presente pesquisa. Os veículos de divulgação científica são enquadrados em categorias indicativas da qualidade - A, B ou C e do âmbito de circulação dos mesmos - local, nacional ou in-

ternacional. A combinação dessas categorias compõe indicativas da importância do veículo utilizado, e por inferência, do próprio trabalho divulgado. Como essa base utiliza, dentre outros critérios, informações de periódicos indexados nas bases de dados do Institute for Scientific Information (ISI), ela oferece credibilidade para a avaliação em áreas com grande internacionalização como a de física. A qualidade, principalmente no caso de periódicos nacionais e internacionais não indexados no ISI, também é atestada por intermédio de consultores. É importante relatar que existem limitações nas análises da qualidade de artigos com base na qualidade dos periódicos. Alguns autores têm seus artigos no completo anonimato mesmo em periódicos de renome internacional [13].

Foram detectados, nesta pesquisa, trabalhos de plasma de grupos atuando nas áreas de Física, Engenharia de Materiais e Metalurgia, Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, Química, Geociências e Engenharia Aeroespacial. Como no Qualis, um mesmo periódico pode ser classificado em duas ou mais áreas distintas e receber diferentes avaliações, foram utilizados critérios especiais para classificá-los. Quando um mesmo periódico foi classificado diferentemente em mais de uma área, identificou-se a área de atuação do grupo responsável pelo artigo, para determinar a classificação correspondente. Os artigos que não se enquadravam em nenhuma das áreas, que não foram localizados ou que não estão classificados no banco de dados Qualis receberam a identificação genérica “NC” (não classificado).

No caso da classificação Qualis das Engenharias, que está dividida em I, II, III e IV, deu-se preferência às classificações relacionadas às “Engenharias II” por abranger as engenharias de materiais e metalurgia (a mais representativa quando considerado o número de grupos de pesquisa na área de engenharia). Quando o periódico não foi classificado na área de “Engenharias II”, foi considerada a área de “Engenharias III”, que agrupa as áreas de Engenharia Aeroespacial e Mecânica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Distribuição geográfica dos grupos de pesquisa

Com base na coleta de dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, pode-se visualizar com maior clareza como está estruturada a área de plasma no Brasil. Foram localizados 39 grupos de pesquisas que atuam com tecnologias relacionadas a plasma. Os grupos estão distribuídos em 4 Regiões e 9 Estados brasileiros, conforme ilustrado no Figura 1. A grande maioria dos grupos de pesquisa está distribuída por universidades do Estado de São Paulo, com aproximadamente 44% do total identificado, seguido pelo Estado do Paraná que possui uma quantidade consideravelmente alta de grupos (18%). O Rio Grande do Sul e Santa Catarina contam, cada um, com 10% dos grupos. Os demais Estados variam entre 3% e 5% dos grupos de pesquisa na área de plasma no Brasil.

Curiosamente, estados com grande tradição em pesquisa científica e tecnológica em diversas áreas do conhecimento

(por exemplo, o Estado de Minas Gerais e Rio de Janeiro), não apresentaram nenhum grupo de pesquisa na área de plasma. Provavelmente existam grupos de pesquisa na área de plasma nestes estados, que, no entanto não estavam cadastrados ou atualizados no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq quando da coleta de dados.

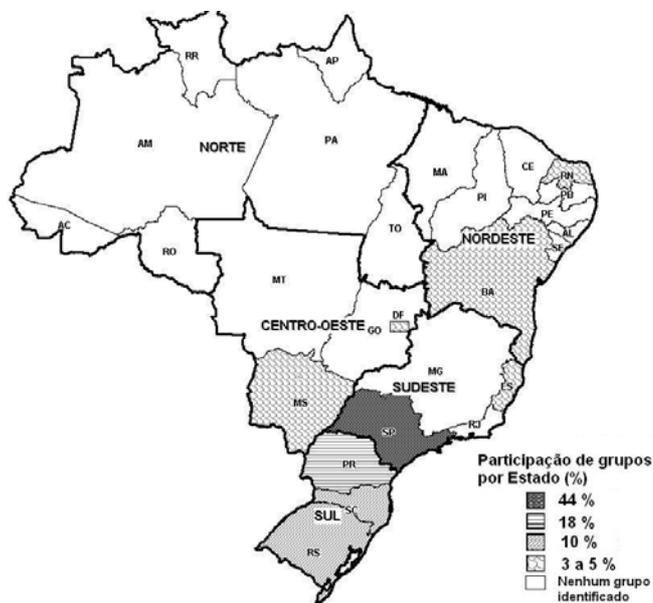


Figura 1 – Grupos de pesquisa na área de plasma por Estado (UF).

Pode-se observar ainda que a maior parte dos grupos de pesquisa está na Região Sudeste (aproximadamente 46%) e na Região Sul (aproximadamente 38%). As duas Regiões correspondem a aproximadamente 84% dos grupos de pesquisa na área de plasmas no Brasil. Juntas, as Regiões Centro Oeste e Nordeste correspondem a aproximadamente 16% do total.

3.2 Grupos de pesquisa por tipo de financiamento

As instituições de pesquisa brasileiras que atuam na área de plasma estão distribuídas entre públicas (estaduais e federais) e privadas, conforme mostrado no Gráfico 1. Treze destas instituições são mantidas pelos governos estaduais, 21 pelo governo federal e 5 por instituições privadas.

Seguindo uma tendência nacional, nota-se que investimentos privados na área de P&D são bastante baixos também na área de plasma. São apenas 5 grupos de pesquisa vinculados às instituições privadas.

Ao contrário do que acontece nos países desenvolvidos, nota-se, a inexistência de grupos de pesquisa de empresas privadas neste universo. Isso não quer dizer que não existam grupos de pesquisa na área de plasma em empresas. Assim sendo, ressurge aqui velhas questões: como estimular a formação de grupos de pesquisa em C&T nas empresas e como identificar e quantificar as atividades dos grupos existentes?

3.3 Grupos de pesquisa por área do conhecimento

Conforme mencionado anteriormente, os levantamentos foram realizados nas “grandes áreas” de “ciências exatas e da

terra” e “engenharias”. Os resultados são apresentados no Gráfico 2. Dos trinta e nove grupos com alguma linha de pesquisa direcionada à área de plasma, 21 são da grande área de “ciências exatas e da terra” e os demais são da grande “área de engenharia”.

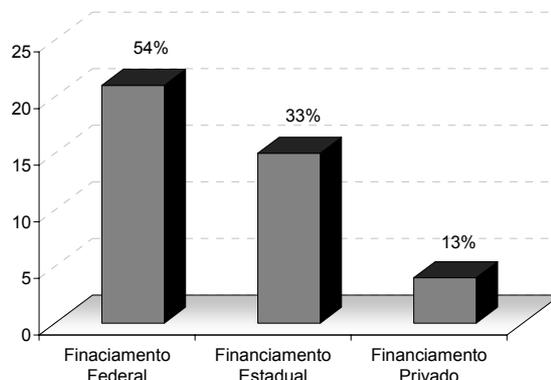


Gráfico 1 – Grupos de pesquisa da área de plasma por tipo de financiamento.

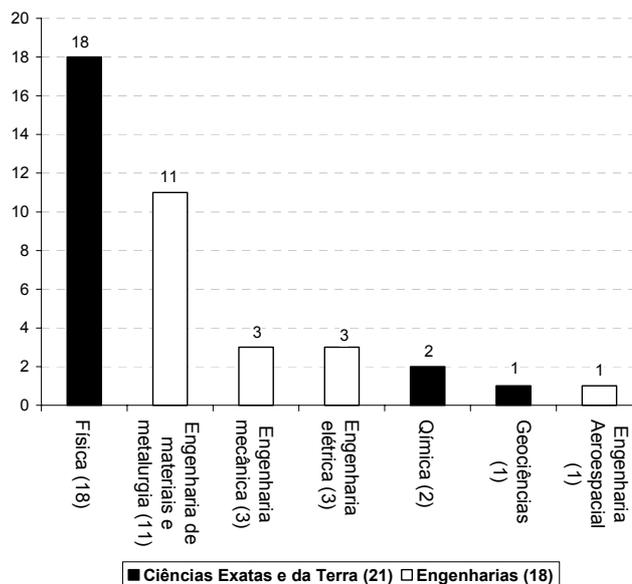


Gráfico 2 - Grupos de pesquisa por área do conhecimento.

Dos grupos caracterizados pela área de “ciência exatas e da terra” 18 são da área de física, 2 da área de química e 1 de geociências. Já na grande área de “engenharias” foram detectados 18 grupos sendo a área de “engenharia de materiais e metalurgia” a mais predominante, contando com 11 grupos de pesquisa. As áreas de engenharia elétrica e de engenharia mecânica possuem 3 grupos cada uma e, finalmente, a área de engenharia aeroespacial conta com apenas 1 grupo de pesquisa. Com tal análise pode-se constatar o caráter interdisciplinar da área.

3.4 Grupos, linhas de pesquisa e pesquisadores envolvidos na área de plasma

A Tabela 1 apresenta uma visão geral dos grupos de pesquisa da área de plasma Cadastrados no CNPq, suas linhas de

pesquisa e o número de pesquisadores. Os 39 grupos identificados estão subdivididos em 87 linhas de pesquisas, com uma média de 2,2 linhas de pesquisa por grupo. Enquanto existem grupos com apenas uma linha de pesquisa dedicada à área de plasma, outros fazem parte de linhas que englobam uma diversidade de outras áreas.

O número total de pesquisadores nos grupos de pesquisa cadastrados no CNPq com alguma atividade relacionada à área de plasma é de 148, que corresponde a uma média de aproximadamente 3,8 pesquisadores por grupo de pesquisa. Na Tabela 1, entretanto, considerou-se como 157 o número total de pesquisadores pelo fato de 9 pesquisadores participarem de 2 grupos de pesquisa e por não se considerar coerente excluí-los aleatoriamente de um dos grupos de pesquisa.

A alta qualificação dos pesquisadores na área de plasma pode ser constatada. Apenas três (2%) não possuem doutorado completo, dezessete (12%) são Livre-docentes e quarenta e nove (35%) realizaram Pós-Doutorado.

A distribuição de pesquisadores por gênero não foge muito da regra geral em C&T, sendo predominantemente masculino os cientistas nessa área do conhecimento (82% *versus* 18%).

O número de pesquisadores por grupo de pesquisa é bastante heterogêneo, ou seja, enquanto alguns grupos possuem apenas 1 pesquisador na área, como é o caso do grupo de pesquisa do CEFET/RN, outros, contam com uma equipe de pesquisadores muito maior, como é o caso do grupo de pesquisa vinculado ao ITA que possui 15 componentes.

3.5 Pesquisas e aplicações com tecnologias a plasma

Conforme apresentado na Tabela 1, a pesquisa realizada na área de plasma varia dentre os grupos de pesquisa e até mesmo dentre as linhas de pesquisa de cada grupo. Para melhor visualização e delimitação da pesquisa, as linhas foram classificadas em: Tratamento de Materiais (T), Síntese de Materiais (S), Análise de Materiais (A), Modelamento (M), Propulsão (P), Ferramenta (F), Fusão (Fu), Quente (Q) e Espacial (E). Os resultados são apresentados no Gráfico 3.

Enquanto há grupos que atuam exclusivamente com um tipo de aplicação, por exemplo, somente com Tratamento de materiais (T), outros grupos atuam com múltiplas aplicações, como Tratamento, Síntese e Análise de Materiais (T, S e A). Com base nessas informações, nota-se que na maioria dos casos, conforme se aumenta o número de linhas de pesquisa, diminui-se o número de grupos e pesquisadores envolvidos. Isso comprova que a especialização do conhecimento, que vem sendo percebida de modo mais marcante nas últimas décadas, também ocorre em área de plasma.

Não há como quantificar precisamente o número de pesquisadores que atuam diretamente com determinada aplicação do plasma, até mesmo pelo fato de muitos pesquisadores atuarem com mais de uma. Nota-se que algumas aplicações são mais predominantes que outras. Por exemplo, no caso de T (Tratamento de materiais) nota-se uma predominância quando comparada com as demais áreas, tanto com relação ao número de grupos quanto em relação ao de pesquisador. Em seguida, provavelmente, a área S (Síntese de materiais) será a mais predominante.

Tabela 1 – Grupos, linhas de pesquisa, aplicação e pesquisadores envolvidos na área de plasma.

Instituição	Nome do grupo de pesquisa	Número de linhas	Aplicação	Pesquisadores	% por grupo
CEETEPS	Tecnologia de plasma	1	Tratamento, Síntese	1	0,64%
CEFET/RN	Processamento de materiais metálicos e não metálicos	1	Síntese	1	0,64%
CNEN / IPEN	Desenvolvimento de materiais e lasers de estado sólido	1	Análise	1	0,64%
CTA	Lasers e aplicações	2	Modelamento, Ferramenta	7	4,46%
INPE	Propulsão eletrostática	3	Propulsão	3	1,91%
INPE	Simulação, experimentos e instrumentação para plasmas	3	Modelamento, Espaciais	3	1,91%
ITA	Física de plasma aplicada a novos processos de materiais	8	Tratamento, Síntese, Fusão, Ferramenta, Modelamento	15	9,55%
SOCIESC	Metalurgia física e engenharia de superfícies	1	Tratamento, Síntese	5	3,18%
UDESC	Plasma	3	Tratamento, Síntese,	5	3,18%
UEM	Grupo de materiais especiais	1	Tratamento	4	2,55%
UEPG	Física dos materiais	3	Tratamento, Análise	4	2,55%
UFES	Materiais carbonosos e cerâmicos	2	Síntese, Quente	5	3,18%
UFMS	Dinâmica não linear e caótica de sistemas extensos	1	Modelamento	1	0,64%
UFPR	Engenharia de superfícies	3	Tratamento, Síntese	8	5,10%
UFPR	Grupo de física de plasmas e dinâmica não-linear	2	Modelamento	4	2,55%
UFPR	Propriedades nanomecânicas de superfícies e filmes finos	1	Tratamento	1	0,64%
UFPR	Tecnologia de pós	2	Tratamento, Síntese	2	1,27%
UFRGS	Estudo teórico de plasmas de laboratório	2	Modelamento, Espaciais	3	1,91%
UFRN	Grupo de materiais e tecnologia do pó	1	Síntese	11	7,01%
UFSC	Laboratório de processamento por plasmas	5	Tratamento, Análise, Modelamento	8	5,10%
UFSCAR	Grupo de interações hiperfinas	1	Tratamento	2	1,27%
UFSCAR	Superfícies, interfaces e filmes finos	1	Tratamento	2	1,27%
UFSM	Grupo de ciência dos materiais	1	Tratamento, Síntese	2	1,27%
UNB	Laboratório de tratamento de superfícies e dispositivos - LTSD	2	Tratamento	5	3,18%
UNB	Propriedades eletrônicas sob ação de campos externos	3	Modelamento, Ferramenta	5	3,18%
UNEB	Estudo, caracterização e desenvolvimento de novos materiais	1	Análise	3	1,91%
UNESP	Grupo de fadiga e materiais aeronáuticos	1	Tratamento	2	1,27%
UNESP	Grupo de plasma e aplicações	5	Tratamento, Análise, Síntese, Modelamento	6	3,82%
UNESP	Grupo de plasmas e materiais	3	Tratamento, Síntese	4	2,55%
UNICAMP	Grupo de física e tecnologia de plasma	7	Tratamento, Síntese, Quente, Modelamento,	3	1,91%
UNICAMP	Grupo de plasma	2	Modelamento, Quente	3	1,91%
UNISUL	Grupo de pesquisa em eliminação de resíduos de processos produtivos	2	Tratamento, Síntese	4	2,55%
UNIVAP	Física atmosférica	2	Modelamento	4	2,55%
URI	Grupo de engenharia aplicada a processos industriais	1	Tratamento	3	1,91%
URI	Grupo interdisciplinar de estado sólido e simulação	1	Tratamento	2	1,27%
USP	Grupo de espectrometria atômica	1	Análise	2	1,27%
USP	Grupo de plasmas tecnológicos e suas aplicações em microestruturas	4	Tratamento, Síntese,	7	4,46%
USP	Materiais para aplicações avançadas	2	Tratamento, Síntese	2	1,27%
UTFPR	Centro de pesquisas em materiais - CPqM	1	Tratamento, Síntese	4	2,55%
Total		87		157	100%

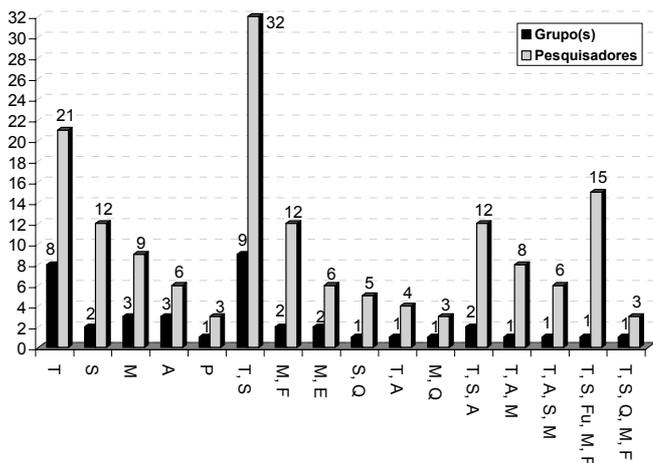


Gráfico 3 - Grupos de pesquisa e pesquisadores por aplicação.

3.6 A produtividade dos pesquisadores no período entre 1995 e 2005

Entre o período de 1995 e 2005 foram publicados 2536 artigos. Na verdade este não é o valor real, pois, estão sendo consideradas autorias e co-autorias, ou seja, em alguns casos um artigo foi contado mais de uma vez. A quantidade de artigos por pesquisador varia de 0 a 121 artigos publicados ao longo do período, conforme detalhado no Gráfico 4. A média de artigos publicados por pesquisador no período é de aproximadamente 17,8. A média anual é de aproximadamente 1,6 artigos por pesquisador. A assimetria de produtividade é evidente: oito pesquisadores não publicaram nenhum artigo e apenas sete pesquisadores publicaram mais do que 50 artigos no período (Gráfico 4). Ou seja, o número de pesquisadores reduz-se à medida que o número de publicações atribuídas cresce.

Não há como afirmar com absoluta certeza quais foram os pesquisadores mais produtivos entre 1995 e 2005 já que não se sabe ao certo o início do ingresso do pesquisador no grupo de pesquisa ou mesmo de sua formatura. Pode haver neste universo, por exemplo, pesquisadores que estão atuando desde 1995 e outros que começaram a atuar em 2005.

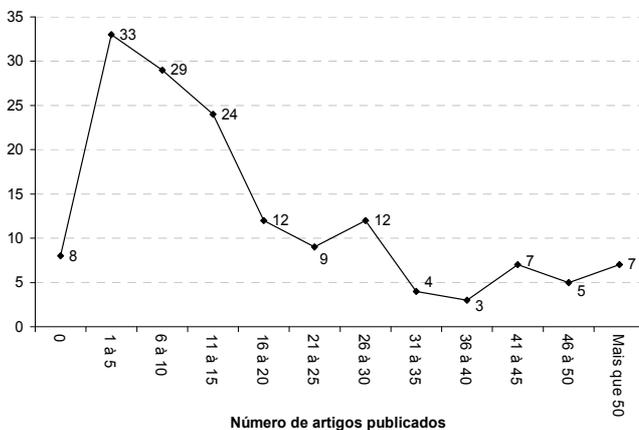


Gráfico 4 – Pesquisadores versus artigos publicados.

Essa assimetria na produtividade, que não é exclusividade da área de plasma, já foi apontada por diversos autores [14,15].

A relação entre o número de autores e de artigos publicados, em qualquer área científica, segue a Lei do Inverso Quadrado $1/n^2$, isto é, em um dado período de tempo, analisando um número n de artigos, o número de cientistas que escreverem dois artigos seria igual a $1/4$ do número de cientistas que escreveram um. O número de cientistas que escreveram três artigos seria igual a $1/9$ do número de cientistas que escreveram um, e assim sucessivamente. Em outras palavras, para cada 100 autores que produziam um único artigo durante a década, 25 produziam dois artigos, 11 produziam três artigos e assim sucessivamente [16].

Price em sua obra “Little Science, Big Science”, observou que, para as ciências em geral, o número de autores decresce mais rapidamente que o inverso do quadrado, mais aproximadamente à Lei do Inverso do Cubo $1/n^3$. Neste trabalho, nota-se que os 10 pesquisadores (6,75% do total) mais produtivos publicaram 23,31% do total de artigos, os 20 (12,99%) mais produtivos publicaram 39,16%, os 30 mais produtivos (19,48%) publicaram 51,92% do total, e assim sucessivamente [17].

3.7 Evolução da publicação de artigos e da qualidade dos periódicos entre 1995 e 2005

Como base para a análise da evolução da produtividade e qualidade dos artigos publicados pelos Grupos de Pesquisa da área de Plasma no Brasil no período de 1995/2005 foi necessário excluir os artigos que apareciam mais de uma vez em diferentes grupos de pesquisa. Com este critério chegou-se ao total “real” de 1850 artigos publicados entre 1995 e 2005. Assim, obteve-se uma média “real” de aproximadamente 12,5 artigos por pesquisador, que corresponde a cerca de 47 artigos por grupo de pesquisa.

Cabe aqui lembrar que a determinação da qualidade dos artigos científicos publicados pelos pesquisadores na área de plasma teve como base a qualidade dos periódicos utilizados na sua veiculação. Os 1850 artigos encontrados, que estão distribuídos entre aproximadamente 478 periódicos, foram classificados por informações coletadas na base de dados “Qualis: Classificação de Periódicos, Anais, Jornais e Revistas (versão 1.0 de 2004)” da CAPES.

Devido às limitações, como falta de padronização dos dados no Currículo Lattes e, em alguns casos, erros no preenchimento, ausência de elementos essenciais para a identificação precisa de alguns artigos (autor, título, nome do periódico, local de publicação, etc.), pode haver uma pequena margem de erro nos dados apresentados. No entanto, isto não deve comprometer a sua validade.

3.8 Evolução da publicação de artigos entre o período de 1995/2005

A média anual de artigos publicados no período (1995/2005) é de aproximadamente 168. Analisando os dados de publicação ao longo do período de 1995/2005 do Gráfico 5, nota-se que há um crescimento constante no nú-

mero de artigos publicados ao longo dos anos. Quando se compara a quantidade de artigos publicados entre 1996/2000 com 2001/2005, notamos que há crescimento expressivo da produtividade de artigos pelos pesquisadores na ordem de 44%.

A taxa média de crescimento de publicação de artigos no do período de 1995/2005 foi de aproximadamente 8,9%. Comparando as taxas de crescimento médias dos períodos entre 1996/2000 *versus* 2001/2005, nota-se que o primeiro período foi de 6% e o segundo período 10%. Acredita-se que tais indicadores são bastante expressivos, demonstrando que a área está em pleno desenvolvimento.

Conforme se percebe no Gráfico 5, o número de artigos publicados teve grande variação ao longo dos anos. Com picos de crescimento se destacam, em valores aproximados, os anos de 1997 (crescimento de 20%), 1998 (20%), 2001 (aproximadamente 24%) e 2005 com aproximadamente 15% de crescimento. Não é fácil deduzir os motivos dessas oscilações, mas é provável, que mudanças na política científica e tecnológica sejam os principais motivos. Dentre as possibilidades a política de aquisição de periódicos pela CAPES merece destaque [18].

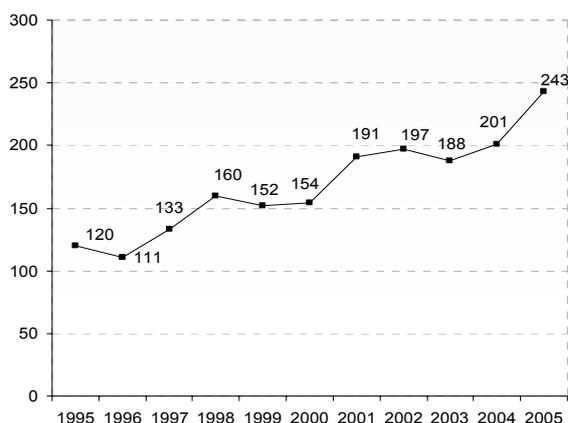


Gráfico 5 - Evolução da publicação de artigos dos Grupos de Pesquisa da área de plasma.

Outra constatação relacionada à produtividade e que merece ser apresentada, é o fato da área de plasma ser um ramo da ciência altamente internacionalizada. Ou seja, 78% dos artigos do presente estudo foram publicados em periódicos internacionais e apenas 27% em periódicos nacionais no período de 1995/2005. Além disso, nota-se que taxa de crescimento médio no caso das revistas internacionais é de 10% e no das revistas nacionais é de 6%. Conclui-se que em ambos os casos a evolução é bastante positiva, demonstrando as potencialidades da área de plasma. No entanto, não há que se perder de vista que a consolidação de periódicos nacionais também é de extrema importância, merecendo o acompanhamento constante de sua taxa crescimento ao longo dos anos.

3.9 Qualidade dos periódicos em que os pesquisadores veicularam seus artigos

Utilizando-se a já citada base de dados Qualis, chegou-se a um indicador de qualidade dos 478 periódicos, e inferência, dos artigos científicos publicados pelos pesquisadores na área de plasma. Os 1850 artigos publicados no período (1995/2005) foram classificados em nacional A, B, C, NC (não classificado) e internacional A, B, C, NC (não classificado).

Com a análise da evolução de artigos publicados em periódicos internacionais, conforme apresentado no Gráfico 6, foram identificados 63% de artigos publicados em periódicos “A internacional”, 13% em “B internacional”, 6% em “C internacional” e 19% de artigos publicados em periódicos “NC internacional”.

Comparando a qualidade dos periódicos em que os pesquisadores publicaram seus artigos entre os períodos de 1996/2000 *versus* 2001/2005, notam-se aumentos expressivos em todas as categorias. Em periódicos com classificação “A internacional” no segundo período (2001/2005) houve o crescimento de aproximadamente 43% com relação ao período anterior. Os artigos publicados em periódicos com classificação “B internacional” também merecem destaque, pois cresceram aproximadamente 61%. Os artigos publicados em periódicos com classificação “C internacional” cresceram aproximadamente 49%. O crescimento dos artigos publicados com a classificação “NC internacional” cresceram aproximadamente 14% em comparação com o período anterior.

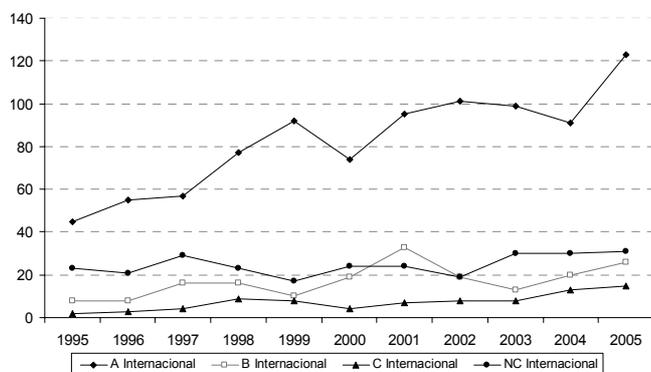


Gráfico 6 - Evolução da publicação de artigos em periódicos de circulação internacional por tipo de classificação.

Analisando a evolução de artigos publicados em periódicos nacionais, conforme Gráfico 7, foram identificados 43% de artigos publicados em periódicos “A nacional”, 36% em “B nacional”, 14% em “C nacional” e 14% de artigos publicados em periódicos “NC nacional”.

Comparando a qualidade dos periódicos em que os pesquisadores publicaram seus artigos entre os períodos de 1996/2000 *versus* 2001/2005, notam-se aumentos expressivos em todas as categorias. Em periódicos com classificação “A nacional” no segundo período (2001/2005) houve o crescimento de aproximadamente 56% com relação ao período anterior. Os artigos publicados em periódicos com classificação “B nacional” cresceram aproximadamente 67%.

Os artigos publicados em periódicos com classificação “C nacional” cresceram aproximadamente 27%. O crescimento dos artigos publicados com a classificação “NC nacional” cresceram aproximadamente 4% em comparação com o período anterior.

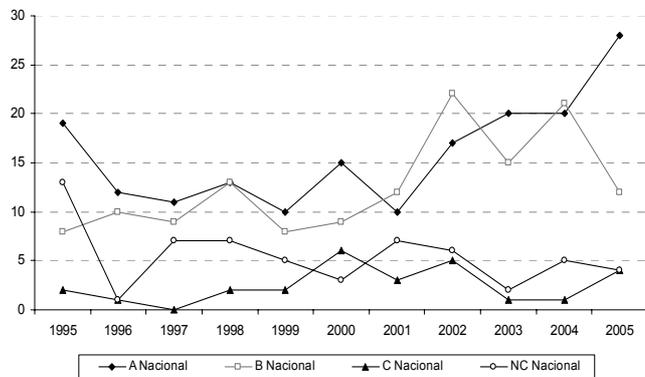


Gráfico 7 - Evolução da publicação de artigos em periódicos de circulação nacional por tipo de classificação.

É importante registrar que a taxa média de crescimento da qualidade dos artigos, tanto no caso de periódicos nacionais quanto internacionais -onde são consideradas as variáveis (A, B, C e NC) e a evolução do número de artigos publicados- proporcionalmente não tiveram variações significativas, ou seja, praticamente 0. Em outras palavras, notamos que a produtividade de artigos aumentou no período e que se tem mantido o mesmo padrão de qualidade.

A partir desses dados, pode-se confirmar a alta qualidade dos periódicos e, por inferência, dos artigos publicados pelos pesquisadores brasileiros da área de plasma. Um ponto que causa certa estranheza, sobretudo no caso dos periódicos internacionais, é quanto à relativamente alto número de “NC”. Talvez seja importante a investigação dessa constatação, como por exemplo, a verificação se tais revistas deixaram de existir ou se há problemas de cobertura da base Qualis.

4. CONCLUSÕES

A construção de indicadores bibliométricos e cienciométricos confiáveis e operacionalmente viáveis, apesar da evolução da informática e das bases de dados, ainda é uma atividade complexa e limitada, mas acredita-se que os resultados do presente trabalho foram extremamente positivos e inovadores tanto com relação ao estudo da área de Plasma quanto pela metodologia e fontes de informação utilizadas.

Foi possível visualizar e entender a dinâmica da área de plasma de forma abrangente, assim como a evolução da produtividade e qualidade das pesquisas realizadas entre os anos de 1995 e 2005. As informações levantadas e os indicadores construídos foram analisados e discutidos de modo extremamente positivo, trazendo grandes contribuições tanto para a compreensão da área de plasma como para questões relacionadas à política científica e tecnológica.

Com base na análise dos diversos indicadores, que vão desde a caracterização geográfica dos grupos de pesquisa, dos dados quantitativos e qualitativos de pessoal, das características de financiamento da área, até a evolução da produtividade dos pesquisadores e qualidade dos artigos científicos, etc., nota-se que a área de plasma no Brasil encontra-se fortemente estruturada e amadurecida, representando uma área em potencial para novas pesquisas e desenvolvimentos.

A evolução da área de plasma continua sendo expressiva. Uma consulta rápida realizada em maio de 2008 demonstrou que atualmente já existem mais de 100 grupos de pesquisa da área de plasma cadastrados no CNPq. Para conhecer melhor a dinâmica e potencialidade de desenvolvimento da C&T da área de plasma é considerado importante que sejam realizados estudos sistemáticos e periódicos, e que sejam estudados outros aspectos fundamentais, como a colaboração científica entre pesquisadores e grupos de pesquisa e os desenvolvimentos de produtos e processos tecnológicos (que, em parte, podem ser analisados através de indicadores de patentes) [19].

Quanto às ferramentas e bases de dados utilizadas no presente trabalho (Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq, Currículo Lattes e a Base Qualis: Classificação de Periódicos, Anais, Jornais e Revistas) apesar das limitações, podem ser consideradas bastante promissoras para o desenvolvimento de estudos bibliométricos e cienciométricos, assim como para estudos de prospecção tecnológica.

O Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq pode ser considerado uma boa fonte de informações para a construção de indicadores cienciométricos (sobretudo no caso de recursos humanos). Demonstrou-se extremamente útil para a identificação de pesquisadores e áreas de pesquisa específicas, podendo ser considerado uma ferramenta auxiliar nos estudos de prospecção tecnológica e de colaboração científica. Uma das limitações é o fato dos grupos de pesquisa não-atualizados nos últimos 12 meses não aparecem nas buscas.

O Currículo Lattes foi outra fonte de informações extremamente importante para o presente estudo. Dentre as qualidades desta base pode-se destacar o seu nível de cobertura e detalhamento. Ou seja, contém praticamente toda atividade de ensino, pesquisa e extensão de professores e pesquisadores universitários brasileiros. Cabe salientar que a cobertura e detalhamento têm sido apontados como uma das principais limitações das bases de dados existentes. Dentre as limitações, o que afeta a confiabilidade dos dados, destaca-se a falta de padronização dos elementos, erros no preenchimento e ausência de elementos essenciais para a identificação da publicação (autor, título do artigo, título do periódico, data de publicação, local de publicação, etc.).

A Base de Dados Qualis: Classificação de Periódicos, Anais, Jornais e Revistas, para a determinação da qualidade dos periódicos em que os pesquisadores da área de plasma publicaram seus artigos, pôde ser perfeitamente adotada e adaptada à presente pesquisa. No entanto, há que se estudar melhor a sua abrangência e talvez integrá-la ao Currículo Lattes.

Do ponto de vista operacional, tais bases (sobretudo o Currículo Lattes), ao menos para usuários externos, não são तो

talmente viáveis para estudos bibliométricos e cienciométricos, pois são bastante limitadas as ferramentas de análise automática e as possibilidades de importação dos dados para softwares estatísticos.

REFERÊNCIAS

1. FAPESP. *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação, 2001*. São Paulo, 2001.
2. VELHO, L. *Indicadores de C&T no Brasil: antecedentes e estratégia*. Documento foi produzido por solicitação da Secretaria de Acompanhamento e Avaliação do Ministério de Ciência e Tecnologia. Brasília, 1997.
3. SPINAK, E., *Ciência da Informação* 27 (1998)141.
4. CALLON, M.; COURTIAL, J.P.; PENAN, H., *Cienciometria: el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometria a la vigilancia tecnológica*. TREA, España, 1995.
5. NORONHA, D.P.; MARICATO, J.M. *Estudos métricos da informação: algumas aproximações*. Encontros Bibli, Santa Catarina, 2008.
6. GREGOLIN, J.A.R. et al. *Análise da produção científica a partir de indicadores bibliométricos*. In: LANDI, F.R. (Coord.) *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004*. FAPESP, São Paulo, 2005. (Cap. 5).
7. NELSON, R. (ed). *National innovation system: a comparative analysis*. Oxford University Press, Nova York, 1993.
8. REZENDE, S.M. *Ciência e tecnologia no Brasil: uma nova política para um mundo global: avaliação da área e proposições para a física no Brasil*. In: SCHWARTZMAN, S. *Ciência e tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica*. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1996, pp. 117-214. v. 3.
9. FERREIRA, S.P. et al. *Recursos humanos disponíveis em ciência e tecnologia*. In: LANDI, F.R. (Coord.) *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004*. FAPESP, São Paulo, 2005. (Cap. 4).
10. CNPQ. *Plataforma Lattes: Base de dados do diretório dos grupos de pesquisa no Brasil*. Brasília, 1992. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>>. Acesso em: 25 de fev. 2006.
11. CNPQ. *Plataforma Lattes: currículo Lattes*. Brasília, [199?]. Disponível em: <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/index.jsp>> Acesso em: 28 de fev. 2006.
12. CAPES. *Qualis: Classificação de periódicos, anais, jornais e revistas: versão 1.0 de 2004*. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://qualis.CAPES.gov.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2006.
13. VOLPATO, G.L.; FREITAS, E.G., *Pesquisa Odontológica Brasileira* 17 (2003) 49.
14. LOTKA, A.J. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16 (1926) 317.
15. PRICE, D.J.S., *Science* 149 (1965) 56.
16. MEADOWS, A.J., *A comunicação científica*. Briquet de Lemos, Brasília, 1999.
17. PRICE, J.D.S., *Little science, big science*. Yale University Press, New Haven, 1963.
18. MARICATO, J.M., *Perspectivas em Ciência da Informação* 12 (2007) 98.
19. OLIVEIRA, L.G.; SUSTER, R.; PINTO, A.C.; RIBEIRO, N. M.; SILVA, R.B., *Química Nova* 1 (2005) S36.