

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Gabriel Andrade Coelho

Nº 11544690

Professor Dr. Oscar João Abdounur

A Matemática na Índia

São Paulo

2020

Introdução

Por causa do grande domínio dos Europeus na questão cultural do mundo e na imposição de uma visão eurocêntrica da maioria das sociedades, algumas contribuições de outros países orientais foram relegadas a um papel de menor importância do que possuem, ou seja, escritos de sociedades orientais foram descartados, descreditados e até mesmo plagiados, tendo, muitas vezes, os europeus levado os créditos por descobertas há muito tempo já feitas em áreas como música, matemática e física.

Tendo isso em vista, esse trabalho tem como objetivo mostrar as contribuições do que, hoje, é conhecido como a Índia para a matemática na história do mundo, as quais podem ter ficado em um patamar de menor importância do que merecia ou, até mesmo, terem sido perdidas durante os processos históricos, como o da colonização britânica sobre a Índia.

Os feitos matemáticos da Índia foram notáveis, como a invenção do zero, a criação do conceito de infinito, uma relação entre diâmetro e circunferência, a qual proporcionou um valor, para a época, muito preciso do número Pi, além do uso de relações trigonométricas para atividades como a astronomia, a qual era muito trabalhada pelos hindus. Tudo isso, ajudou com que a matemática avançasse e proporcionou a criação de ferramentas matemáticas como o Cálculo.

Outro aspecto importante de ressaltar, são as dificuldades em achar registros, livros e documentos que comentam sobre a matemática hindu. Dentre eles estão: a visão eurocêntrica que existe no mundo, a antiguidade dos documentos e a dificuldade de conservação e o fato de que muitos matemáticos indianos possuíam o mesmo nome, o que dificulta na diferenciação de obra de um para outro.

Matemática na Índia

A matemática indiana tem origem em 1200 a.C. e suas realizações são notáveis. Uma das descobertas dos hindus foi o zero e também provém deles o símbolo 0, que é utilizado para representar esse número: o primeiro uso conhecido foi no manuscrito Bakhshali, escrito em fragmentos de casca de bétula por volta do século III.

A maior parte da matemática que é conhecida como “indiana” foi escrita em sânscrito e se originou na região do sul da Ásia (que compreende também o Paquistão, o Nepal, Bangladesh e Sri Lanka). Os registros mais antigos de que há notícias datam da primeira metade do primeiro milênio antes da Era Comum, mas se tornaram mais frequentes depois da conquista de Alexandre, o Grande, no século IV a.E.C.

Esse avanço possibilitou que fosse criado um sistema posicional decimal para representar números. O princípio, “de lugar para lugar, cada um é dez vezes o anterior”, aparece no Aryabhatiya, escrito em sânscrito ao final do século IV pelo matemático e astrônomo Aryabhata (476 – 550). A transmissão ao Ocidente foi feita pelos árabes, e esse sistema foi popularizado por Fibonacci, o sistema decimal hindu permitiu a superação da numeração romana, tornando-se padrão em todo o planeta.

A matemática hindu também proporcionou a solução de algumas frações simples, como um-terço, usando a forma ordinal como seus equivalentes em português, também são encontrados nos antigos textos hindus. Além disso, o sistema decimal indiano expandiu a adição de números muito maiores, como por exemplo 1 trilhão (10^{12}).

Além disso, é importante ressaltar que no século VII, os hindus já estavam trabalhando com números negativos, e perceberam algumas regras de operação, como “negativo vezes negativo é positivo”. Esse conceito hoje é fundamental para toda a matemática e para o Cálculo, pois estabeleceu uma regra de operações e facilitou a resolução de problemas.

Alguns textos astronômicos e astrológicos do século III a.E.C. já empregavam um sistema posicional decimal, incluindo um símbolo para o zero. No entanto, as evidências sobre a astronomia escrita em sânscrito só se tornaram mais significativas a partir de meados do primeiro milênio. Elas mostram que havia, nesse período, uma intensa atividade matemática expressa pela elaboração de tratados astronômicos que foram influenciados por obras gregas, devido ao contato com o império romano. Os autores integravam elementos de sua tradição matemática, como conceitos sobre a astronomia e o calendário, bem como o sistema posicional decimal, a outros componentes, adaptados das obras gregas – como a trigonometria plana, os modelos cosmológicos geocêntricos (como os de Ptolomeu) e a astrologia.

Dos tratados desse tipo o mais antigo que se tem ciência foi escrito por Aryabhata, que nasceu no ano 476. Essa obra permanece uma das fontes mais importantes sobre a matemática e a astronomia indianas. Ela foi toda escrita em versos, o que se tornou uma tradição indiana, e apresenta conhecimentos matemáticos variados, principalmente em relação às regras de cálculo. Há procedimentos aritméticos e geométricos, como os usados para encontrar raízes quadradas e cúbicas, assim como o cálculo de áreas, além de incluir regras trigonométricas úteis para a astronomia. O aspecto mais inovador é a

sistematização das técnicas de cálculo, que constituem uma prática chamada “ganita”, criada como o estudo dos métodos de cálculo em geral e voltados não somente para a astronomia. A ganita com a sua padronização das regras de cálculo ajudou com o desenvolvimento da matemática, com essa sistematização, os matemáticos encontraram ferramentas melhores para trabalharem e melhorarem os métodos de cálculo.

Outro tratado astronômico hindu foi escrito pelo astrônomo Brahmagupta, em 628. Um dos capítulos matemáticos de seu tratado é dedicado completamente à “ganita”, contendo o estudo de operações aritméticas, razões e proporções, juros, bem como equações para achar comprimentos, áreas e volumes de figuras geométricas. Contudo, havia também um capítulo dedicado a um outro tipo de matemática que compreendia análises envolvendo o zero, os negativos e positivos, as quantidades desconhecida e métodos de redução a uma variável. Tratava-se de técnicas para lidar com problemas envolvendo quantidades desconhecidas.

Além dos hindus terem criado o conceito do zero, Brahmagupta demonstrou algumas das propriedades essenciais do zero.

As regras básicas para o cálculo com o zero demonstradas por ele ainda são ensinadas nos dias de hoje:

$$1 + 0 = 1$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 \times 0 = 0$$

No entanto, ele encontrou um problema ao tentar dividir 1 por 0, o que exigiu um novo conceito matemático, criado por Bhaskara, o infinito, apenas isso daria sentido às divisões por zero. Tal conceito, é muito utilizado em cálculo atualmente, principalmente para o cálculo de limites infinitos.

A sistematização de equações para encontrar a áreas de figuras trata-se de um embrião do que é estudado em cálculo, em integrais, que também se trata do cálculo de áreas debaixo de um gráfico, mais complexas do que áreas de figuras geométricas, no entanto, essa padronização foi fundamental para cálculos de áreas mais complexas. Além disso, as análises envolvendo o zero são de fundamental importância para o Cálculo, como o conhecimento dos limites próximo ao zero, limites infinitos, para a descoberta de pontos de máximo e mínimo e para o esboço de gráficos de equações, descobrindo seus pontos de crescimento e decrescimento além do formato de sua concavidade.

Bhaskara II, autor dos livros mais populares de aritmética e álgebra no século XII, que foram livros-texto voltados para o ensino. As evidências abundantes sobre os trabalhos desse astrônomo, que nasceu em 1114, indicam que eram bastante influentes na época. Seus livros mais conhecidos, o Lilavati e o Bija Ganita, mostram como a prática da “ganita”, já presente nos escritos de Aryabhata e Brahmagupta, amadureceu ao longo dos séculos. Como ressalta Ploker, a organização desses livros apresenta o sistema posicional decimal e as operações de modo padronizado, incluindo operações com frações e zeros. No Bija Ganita, que quer dizer “semente do cálculo”, tais regras são sucedidas por algoritmos para resolver problemas envolvendo quantidades desconhecidas. As regras são expressas em versos, mas são ilustradas por exemplos e contêm um comentário do próprio autor, visando explicá-las. Esses comentários fornecem enunciados numéricos e

métodos retóricos de solução de modo padronizado para os problemas dados nos exemplos. Um método geral era enunciado para um problema escrito na forma padrão:

(I) “De uma quantidade retiramos ou adicionamos a sua raiz multiplicada por um coeficiente e a soma ou a diferença é igual a um número dado.”

A quantidade citada é um quadrado e a raiz desse quadrado é a incógnita. Esse é um enunciado retórico que, traduzido em nossa notação, seria uma equação geral como $x^2 \pm bx = c$. O método de resolução consistia em reduzir o problema a uma igualdade, ou seja, sem o termo quadrado. Isso era feito por meio da técnica de “eliminação do termo médio”:

(II) “Seja uma igualdade contendo a quantidade desconhecida, seu quadrado etc. Se temos os quadrados da quantidade desconhecida etc., em um dos membros multiplicamos os dois membros por um fator conveniente e somamos o que é necessário para que o membro das quantidades desconhecidas tenha uma raiz; igualando, em seguida, essa raiz à do membro das quantidades conhecidas, obtemos o valor da quantidade desconhecida.”

Observamos que se concebia, de modo retórico, uma igualdade entre dois membros, sem utilização do sinal de igual: a igualdade entre um membro contendo a quantidade desconhecida (e o seu quadrado) e outro membro contendo as quantidades conhecidas. O primeiro membro deve ser escrito de modo a possuir uma raiz, ou seja, deve ser reescrito como um quadrado, o que se obtém pelas seguintes especificações:

(III) “É por unidades iguais a quatro vezes o número de quadrados que é preciso multiplicar os dois membros; e é a quantidade igual ao quadrado do número primitivo de quantidades desconhecidas simples que é preciso adicionar.”

Temos, assim, a condição requerida em (II) de que o membro das quantidades desconhecidas tenha uma raiz. Trata-se do método que é conhecido hoje como “completar o quadrado”.

Também é preciso citar que Bhaskara, não é o inventor da conhecida fórmula que ganhou seu nome no Brasil. Apesar de possuírem regras para resolver problemas que seriam hoje traduzidos por equações do segundo grau e usarem alguns símbolos para representar as quantidades desconhecidas e as operações, não se pode dizer que os indianos possuísem uma fórmula de resolução de equações de segundo grau

Os matemáticos da Índia também solucionaram o mistério de um dos números mais importantes da matemática: Pi.

Ele também usou o Pi para medir a circunferência da Terra, chegando ao valor de 39.968 km - um número muito próximo daquele que conhecemos hoje (40.075 km).

Um dos escritos geométricos Hindus segue a seguinte premissa:

A raiz quadrada da décima parte da raiz de uma circunferência é de 360 de diâmetro. Quando há a divisão em 4 quadrantes nesse círculo, o seno da oitava parte do sinal zodiacal é determinado. Isso oferece a relação entre a circunferência C de um círculo

de diâmetro D como $D = \sqrt{\frac{C^2}{10}}$, ou, como diríamos, $\pi \approx \sqrt{10}$

A primeira atestação segura da aproximação $\pi \approx \sqrt{10}$ é dada por uma regra que a área do círculo é igual a um quarto do produto da circunferência pelo diâmetro, essa relação é encontrada no manuscrito Jain, datado do século IV ou V a.E.C. Dessa forma, o valor $\sqrt{10}$ para π é corriqueiramente usado nos textos Jain e conhecido como “valor de Jain” para π .

Os Hindus também usaram o valor Pi para medirem a circunferência da Terra e chegaram a um valor de 39960 km, um valor extremamente preciso e próximo do que se tem conhecimento atualmente, 40075 km.

Em um período mais contemporâneo, é importante destacar o matemático Srinivasa Ramanujan, que é considerado um dos maiores matemáticos da história da Índia. Ramanujan dedicou-se a estudar a teoria dos números e propôs-se a encontrar a equação por meio da qual se pudesse descobrir todos os números primos, o que o levou a enfrentar o problema do estudo das séries divergentes, orientado pelo matemático britânico Godfrey Harold Hardy.

Ramanujan morreu com apenas 32 anos e, até hoje, suas obras estão sendo revisadas, pois ele deixou mais de quatro mil teoremas ao longo de sua vida. O seu trabalho sobre números primos, apesar de sua grande popularidade, foram considerados errados e, segundo Hardy, “seu único grande fracasso”.

O método que Ramanujan dizia possuir proporcionava-lhe uma fórmula para obter o número de primos que havia entre um e cem milhões com uma margem de erro espantosamente baixa. Littlewood demonstrou que Ramanujan estava enganado.

Em qualquer caso, os seus trabalhos ocupam atualmente milhares de matemáticos nas universidades, e os resultados a que chegou são hoje aplicados em áreas tão diferentes como a química de polímeros e a arquitetura de computadores.

Atualmente, a Índia é um dos países mais desenvolvidos na pesquisa em matemática, ocupando um lugar no grupo 4 da União Matemática Internacional, o segundo mais importante. Isso se deve ao prestígio do Instituto Tata, de Mumbai, historicamente o primeiro centro de excelência em matemática no mundo em desenvolvimento, que possibilita que os matemáticos não só indianos, mas de todo o mundo, trabalhem com altíssima qualidade e tenham uma pesquisa bastante desenvolvida.

Conclusão

Como resultado de uma combinação tradução, regra do colonialismo e a globalização moderna, a tradição matemática sânscrita foi essencialmente extinta no começo do século XX, apesar de que algumas teorias científicas do século XIX foram baseadas nisso. Algumas imitações modernas ou formas híbridas ainda florescem dos escritos hindus, chamados como “Matemática Veda” e algumas observações astronômicas são feitas com base nesses escritos, usando observatórios modernos e aplicações de software. Algumas tradições populares da matemática, transmitidas oralmente, como as praticadas por trabalhadores rurais ajudaram a preservar essa matemática tão importante para o mundo. Além disso, há alguns traços dos matemáticos indianos antigos no período moderno, que foram provavelmente inspirados na tradicional ganita. No entanto, ainda assim, os textos indianos sofreram um grande processo de perda e de desvalorização, o que pode ser considerado um grande erro histórico.

Portanto, resgatar a matemática não ocidental é de fundamental importância para o desenvolvimento da ciência, pois isso possibilitaria descoberta de fatos antes desconhecidos, ou que já haviam sido desenvolvidos antigamente, sem uma visão eurocêntrica da história.

Feito isso, a visão eurocêntrica de mundo sofrerá um certo abalo e novas portas se abrirão para a ciência e pesquisa, no Brasil e no mundo. Isso daria os devidos créditos àqueles que o perderam no decorrer do processo histórico e o processo de aprendizado seria feito de uma forma mais justa com aqueles que tanto contribuíram para a matemática e para a ciência ao longo do tempo.

Referências Bibliográficas

Mathematics in India, Kim Plofker.

Em busca do infinito: Uma história da matemática dos primeiros números à teoria do caos, Ian Stewart

História da matemática, Tatiane Roque

<https://impa.br/noticias/as-origens-e-os-avancos-da-matematica-indiana/>

<https://impa.br/noticias/como-a-india-revolucionou-a-matematica-antes-do-ocidente/>

<https://nationalgeographic.sapo.pt/ciencia/grandes-reportagens/2196-ramanujan-o-indiano-que-fazia-matematica-sem-nunca-a-ter-aprendido>

<https://www.youtube.com/watch?v=bGWacAqMSow>

<https://www1.folha.uol.com.br/colunas/marceloviana/2019/10/india-criou-numeracao-moderna-mas-nao-a-formula-de-bhaskara.shtml>