

MUSEU DE TOPOGRAFIA PROF. LAUREANO IBRAHIM CHAFFE
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA - UFRGS

TELÊMETRO

Texto original: **Jarwoski e Wikipédia, a enciclopédia livre.**

Março/2023

Ampliação e ilustrações: **Iran Carlos Stalliviere Corrêa-IG/UFRGS**

O **Telêmetro** é um dispositivo de precisão destinado à medir distâncias em tempo real. Pode ser óptico, quando baseado em um mecanismo de focalização, ou ultrassônico (ecotelêmetro ou telêmetro acústico), quando utiliza reflexos sonoros.



Telêmetro óptico

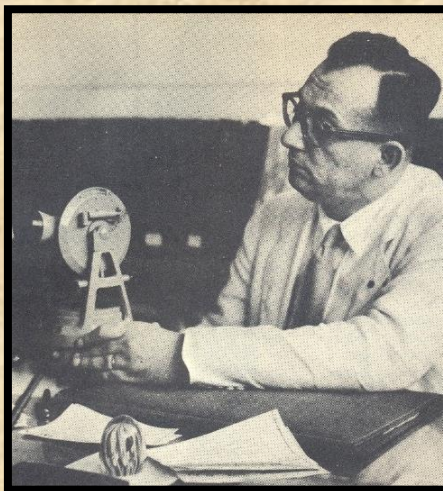
(Fonte: <https://image.invaluable.com/housePhotos/AuctionTeamBreker/87/587587/H1256-L94386276.jpg>)

O **telêmetro** substitui com vantagens ferramentas como fitas métricas, trenas e metros e é largamente utilizado em áreas tão diversas quanto a fotografia, a náutica, a topografia, a astronáutica, a astronomia, a caça e a balística.

Os **telêmetros** de última geração são digitais, baseados em disparo de feixe laser. Estes podem alcançar centenas de milhares de quilômetros e têm, por isso, utilização inclusive astronômica.

Os **telêmetros** podem integrar vários instrumentos ópticos como lunetas, câmeras fotográficas, binóculos, periscópios, telescópios e miras de armas em geral.

No Brasil, o primeiro **telêmetro** industrializado surgiu em 1941, na cidade de São Paulo, produzido por Décio Fernandes de Vasconcellos, fundador da indústria de instrumentos ópticos D.F. Vasconcellos.



Décio Fernandes de Vasconcellos

(Fonte: https://saopauloantiga.com.br/wp-content/uploads/2011/08/DFVasconcelos_blog.jpg)



Telêmetro monocular

(Fonte: <https://www.theglasgowstory.com/images/TGSE00890.jpg>)

O primeiro **telêmetro** foi inventado por James Watt em 1769 e colocado em uso em 1771 no levantamento de canais. James Watt chamou seu instrumento de **micrômetro**, um termo agora usado com um significado diferente na engenharia (o medidor de parafuso do micrômetro). Consistia em dois fios de cabelo paralelos no plano focal de uma ocular de telescópio cruzando um fio de cabelo vertical.

No ponto a ser medido, dois alvos deslizantes na haste de um agrimensor foram ajustados para se alinharem com os fios de cabelo do telescópio. A distância até a haste poderia então ser determinada a partir da distância entre os alvos na haste, por trigonometria.

Vários outros foram creditados com a invenção do **telêmetro de coincidência** em um momento ou outro. A Royal Society of Arts concedeu um prêmio a W. Green por sua invenção em 1778, embora estivessem cientes da prioridade de Watt.



James Watts

(Fonte Watts: [https://wahooart.com/Art.nsf/O/9DHKCN/\\$File/Sir+William+Beechey-James+Watt+-+\(3\).JPG](https://wahooart.com/Art.nsf/O/9DHKCN/$File/Sir+William+Beechey-James+Watt+-+(3).JPG))



Georg Friedrich Brander

(Fonte Brander: https://media.britishmuseum.org/media/Repository/Documents/2017_8/14_14/e2c39758_0e26_47ca_992f_a7cf00ef3b9e/preview_PPA452748.jpg)

Em 1778, Georg Friedrich Brander inventou o **telêmetro de coincidência**. Dois espelhos afastados horizontalmente em uma caixa longa e estreita, semelhante a uma barra sutil, mas localizada na estação de medição e formando duas imagens. Este **telêmetro** não requer uma

haste de medição no alvo e talvez possa ser considerado o primeiro **verdadeiro telêmetro**.



Telêmetro Barr & Stroud M9A1 – Canadense

(Fonte: https://thumbs.worthpoint.com/zoom/images1/1/1114/26/canadian-made-barr-stroud-m9a1_1_7d617fcbc4d2c74300e7e8d3950885ce.jpg)

Em 1790, Jesse Ramsden inventou um **telêmetro de meia imagem**. Embora Alexander Selligie seja muitas vezes erroneamente creditado com a invenção, ele inventou um **telêmetro** melhorado com lentes fixas em 1821 e é responsável por cunhar o termo.



Jesse Ramsden

(Fonte: https://d3d00swyhr67nd.cloudfront.net/w800h800/collection/WMRII/TRS/WMRII_TRS_RS_9553-001.jpg)

Em 1881, a Artilharia Real Britânica adotou o **telêmetro de depressão**, que havia sido desenvolvido pelo Capitão H.S.S. Watkin para uso pela artilharia costeira. Ele usou a medição do ângulo de depressão do observador, situado em um ponto alto, até a linha d'água da embarcação alvo.



Carl Pulfrich

(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Carl_Pulfrich.JPG)

Em 1899, Carl Pulfrich na Carl Zeiss AG fabricou um **telêmetro estereoscópico** prático, baseado em uma patente de Hector Alexander de Grousilliers. Os **telémetros** da Segunda Guerra Mundial funcionavam opticamente com dois telescópios focados no mesmo alvo, mas separados por uma distância ao longo de uma linha de base. O alcance do alvo é encontrado medindo a diferença de direção dos dois telescópios e resolvendo o triângulo estreito. As soluções podem ser obtidas automaticamente, usando tabelas ou, raramente, cálculo manual. Quanto maior a distância até o alvo, mais longa a linha de base precisa ser para uma medição precisa. A linha de base necessária para os **telémetros** para canhões de navios de guerra é muito grande. Os **telémetros** mais modernos usam uma tecnologia eletrônica, como lasers ou radares.



Telêmetro Estereoscópico com 1,24 m de base, fabricado em 1945

(Fonte: https://live.staticflickr.com/7486/16029179972_eb421baaea_b.jpg)

Um **telêmetro de coincidência** é um tipo de **telêmetro** que usa princípios mecânicos e ópticos para permitir que um operador determine a distância a um objeto visível.

Existem subtipos **telemeter-imagem dividida**, **imagem invertida**, ou **telêmetro imagem dupla** com princípios diferentes. Os **telêmetros de coincidência** eram elementos importantes dos sistemas de controle de armas navais de longo alcance e artilharia costeira terrestre por volta de 1890 a 1960.

Tipos de telêmetros

Telêmetro a laser

O **telêmetro a laser** é um dos mais precisos.

Como funciona um **telêmetro a laser**?

O telêmetro a laser funciona medindo o tempo de voo de um feixe de luz laser.

Por que luz laser? Um feixe de luz laser viaja concentrado, ou seja, a luz não é espalhada. Devido a isso, ao incidir contra o objeto ele ainda mantém intensidade suficiente para viajar de volta ao emissor, ou seja, ao **telêmetro**.

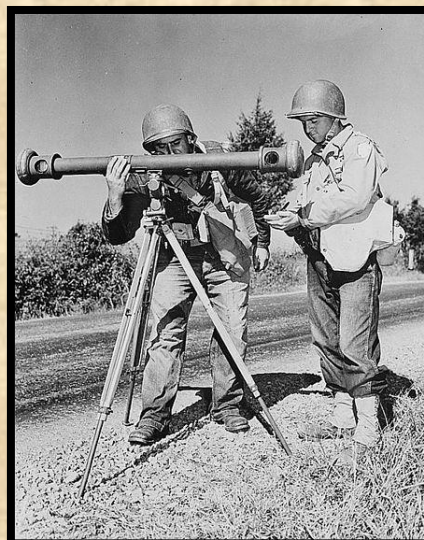


Telêmetro a laser

(Fonte: https://www.nikon.pt/imported/images/web/EU/products/sport-optics/laser-range-finders/forestry_pro_ii/forestry_pro_ii_front_left_3P_mode_backlight_3_m--original.png)

Telêmetro óptico

O **telêmetro óptico** usa princípios ópticos e mecânicos para determinar a distância que separa o operador do **telêmetro** do alvo. Um dos **telêmetros ópticos** mais simples é conhecido como **telêmetro de coincidência**.

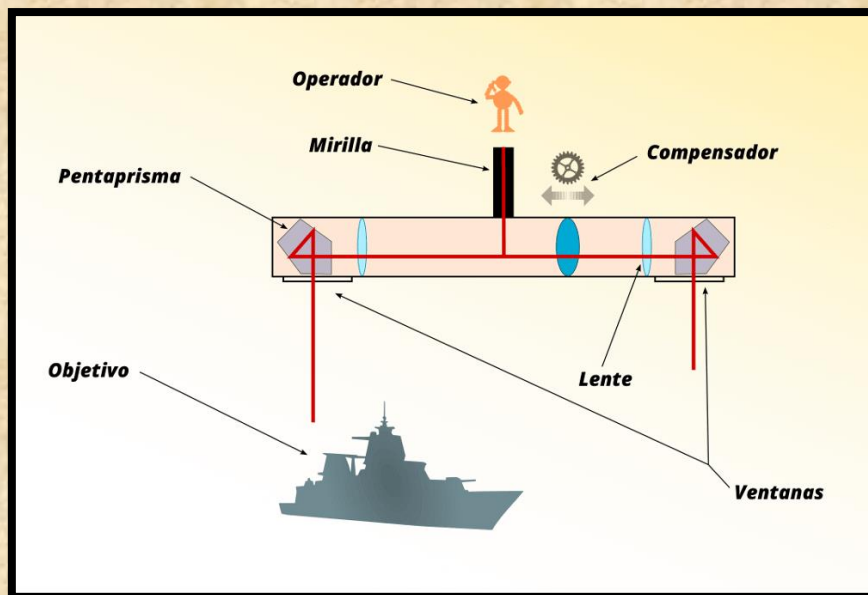


Telêmetro óptico de coincidência

(Fonte: https://wikiimg.tojsiabt.com/wikipedia/commons/thumb/6/66/American_soldiers_use_a_coincidence_rangefinder.jpg/440px-American_soldiers_use_a_coincidence_rangefinder.jpg)

Este dispositivo é semelhante a um telescópio e é constituído por um longo tubo com duas janelas localizadas nas extremidades que olham para o alvo. No centro do tubo, o **telêmetro óptico** possui um olho mágico através do qual o operador olha.

O princípio de operação do **telêmetro óptico** é o seguinte. Quando orientada para a objetiva, a luz entra por uma das janelas do tubo e é refletida por um penta prisma em direção ao centro do tubo (um penta prisma é um prisma refletor com cinco faces que permite que a luz seja defletida em um ângulo de 90° sem inverter a imagem e que também é usado em câmeras do tipo reflex). A imagem passa por um prisma que permite que a esta seja concentrada no visor da ocular.



Princípio de funcionamento do Telêmetro óptico

Fonte: <https://tecnitool.es/que-es-un-telemetro/>

Na outra ponta do **telêmetro**, a imagem do alvo também entra no tubo e é combinada com a imagem da ponta oposta por outro prisma que sobrepõe as duas imagens no visor da ocular.

Observe que se uma das janelas do **telêmetro** estiver diretamente na frente do alvo, a outra não estará.

Ou seja, a luz entrará em um determinado ângulo, o que significa que essa segunda imagem ficará fora de foco, deslocada ou borrada. O operador do telêmetro usa uma roda que varia o ângulo de um compensador óptico para focar ou alinhar a imagem.

O que a pessoa vê pelo visor da ocular é o seguinte:



Visor do Telêmetro óptico

(Fonte: <https://tecnitool.es/que-es-un-telemetro/>)

Como a distância entre as duas janelas é conhecida a partir da base e o ângulo de deslocamento também é conhecido, a distância até o alvo pode ser calculada por triangulação.

Além disso, quanto maior a distância entre as duas janelas, mais preciso será o **telêmetro óptico**.

Telêmetro ultrassônico

Os **telêmetros ultrassônicos** funcionam como radar. Esses dispositivos emitem ondas eletromagnéticas ultrassônicas que atingem o alvo e voltam para o emissor. A distância é calculada medindo o eco.

Uma vantagem dos **telêmetros ultrassônicos** é que eles funcionam bem dia e noite, em ambientes escuros ou claros, pois usam sons para medir a distância. Em comparação, os medidores a laser podem ter problemas se o nível de luz for muito alto. Para evitar isso, alguns **telêmetros a laser** incluem filtros de luz.



Telêmetro ultrassônico

(Fonte: <https://dieletrons.com/control/uploads/telemetro-ultrassonico.jpg>)

Os **telêmetros ultrassônicos** são usados para medir distâncias, mas também têm outras aplicações. Por exemplo, um tipo de detector de presença é justamente o ultrassônico. Os detectores ultrassônicos têm uma vantagem sobre os infravermelhos: eles não respondem apenas ao movimento das pessoas, mas também ao movimento de qualquer outro objeto. Além disso, são mais sensíveis e precisos.

Como funciona? Este detector de alcance emite um ultrassom que viaja pelo ar até atingir o objeto. As ondas são refletidas e retornam ao emissor. Nesse momento, o circuito eletrônico do **telêmetro ultrassônico** calcula o tempo de ida e volta e o divide por dois.

Sabendo que a fórmula da velocidade é:

$$\text{Velocidade} = \text{Distância} / \text{Tempo}$$

Resolvendo a distância:

$$\text{Distância} = \text{Velocidade} \times \text{Tempo}$$

E substituindo os parâmetros conhecidos, ou seja, o tempo recém calculado e a velocidade do ultrassom (que é fixa), o **telêmetro** já tem tudo o que é necessário para calcular a distância.

Para maior precisão, um **telêmetro ultrassônico** também deve considerar a umidade e a temperatura do ar, pois esses são fatores que influenciam a velocidade do som.

Para emitir e receber som, este **telêmetro** requer dois transdutores, ou seja, dispositivos capazes de transformar um tipo de energia em outro. Neste caso, o **telêmetro** usa dois transdutores:

O que funciona como alto-falante: emite o ultrassom.

O que funciona como microfone: é o sensor que recebe as ondas ultrassônicas rebatidas.

No primeiro caso, o transdutor converte o sinal elétrico em vibração mecânica para produzir uma onda. No segundo caso, o transdutor faz o contrário, ou seja, seu sensor detecta a vibração ou pressão sonora e produz o sinal elétrico que interrompe a contagem regressiva do tempo, iniciada com a emissão do som.

Design

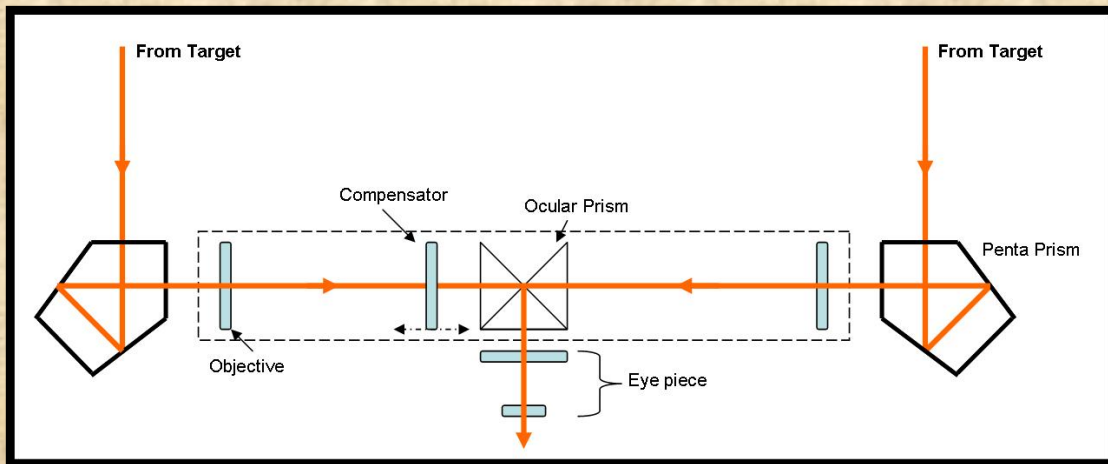


Diagrama esquemático de um telêmetro de coincidência

(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Coincidence_Range_Finder.jpg)

O dispositivo consiste em um tubo longo, com duas lentes voltadas para a frente em cada extremidade e uma ocular do operador no centro. Duas cunhas de prisma que, quando alinhadas resultam em nenhum desvio da luz, são inseridas no caminho da luz de uma das duas lentes. Girando os prismas em direções opostas usando uma engrenagem diferencial, é possível obter um grau de deslocamento horizontal da imagem. Um **telêmetro estereoscópico** é semelhante, mas tem duas oculares e usa um princípio diferente, baseado na visão binocular.

Aplicações

Os **telêmetros ópticos** que usam esse princípio, embora aplicáveis a vários propósitos, foram amplamente utilizados para fins militares - determinando o alcance de um alvo - e para uso fotográfico, determinando a distância de um sujeito à fotografia para permitir focar nele. Os **telêmetros fotográficos** eram inicialmente acessórios, dos quais a distância lida poderia ser transferida para o mecanismo de focagem da câmera; depois, foram incorporadas às câmeras telemétricas, para que a imagem ficasse em foco para que se pudesse fazer a coincidência das imagens.

Telêmetros de coincidência

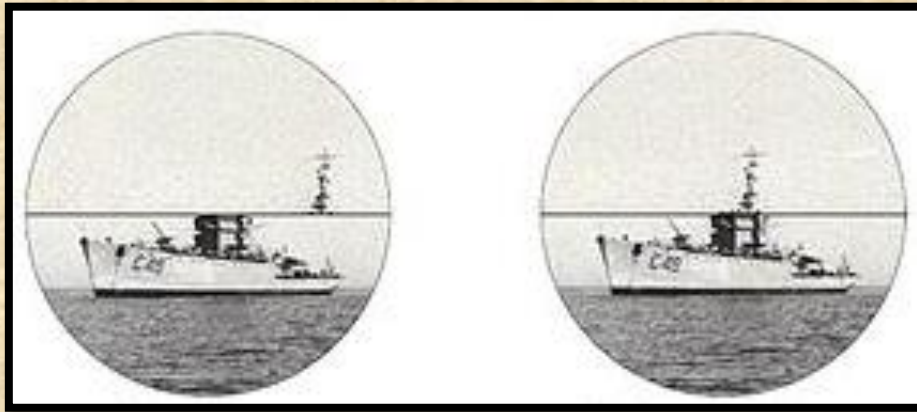


Imagem da ocular de um **telêmetro naval**, mostrando a imagem deslocada a esquerda e a imagem ajustada a direita.

(Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Telemetro_a_coincidenza)

O **telêmetro de coincidência** usa uma única ocular. A luz do alvo entra no **telêmetro** através de duas janelas localizadas em cada extremidade do instrumento. Nos dois lados, o feixe incidente é refletido no centro da barra óptica por um penta prisma. A barra óptica é idealmente feita de um material com baixo coeficiente de expansão térmica para que os comprimentos do caminho óptico não mudem significativamente com a temperatura. Este feixe refletido, passa primeiro através de uma lente objetiva e é então fundido com o feixe do lado oposto com um subconjunto de prisma ocular para formar duas imagens do alvo que são vistas pelo observador através da ocular. Como um dos feixes entra no instrumento em um ângulo ligeiramente diferente, a imagem resultante, se inalterada, aparecerá embaçada. Portanto, em um braço do instrumento, um compensador é ajustado pelo operador para inclinar o feixe até que as duas imagens correspondam. Neste ponto, diz-se que as imagens coincidem. O grau de rotação do compensador determina o alcance do alvo por triangulação simples.

Telêmetros de coincidência feitos por Barr & Stroud usavam duas oculares e pode ser confundida com unidades estereoscópicas. A

segunda ocular mostra ao operador uma escala de alcance para que o usuário possa alcançar e ler a escala de alcance simultaneamente.



Soldado usando um telêmetro de coincidência.

(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d0/Bundesarchiv_Bild_183-J08361%2C_Entfernungsmesser_einer_Vierlings-Flak.jpg/220px-Bundesarchiv_Bild_183-J08361%2C_Entfernungsmesser_einer_Vierlings-Flak.jpg)



Telêmetro do destróier polonês ORP Wicher

(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Polish_destroyer%27s_range-finder.JPG)



Telêmetro de coincidência binocular

(Fonte: <https://www.researchgate.net/publication/323525111/figure/fig3/AS:710998528905216@1546526667152/Image-3-The-Barr-Stroud-No-2-range-finder-served-alongside-the-Vickers-throughout-its.png>)



Telêmetro de câmera fotográfica

(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/67/Foca-CNAM_43090-IMG_5270-gradient.jpg/1200px-Foca-CNAM_43090-IMG_5270-gradient.jpg)



Telêmetro a laser

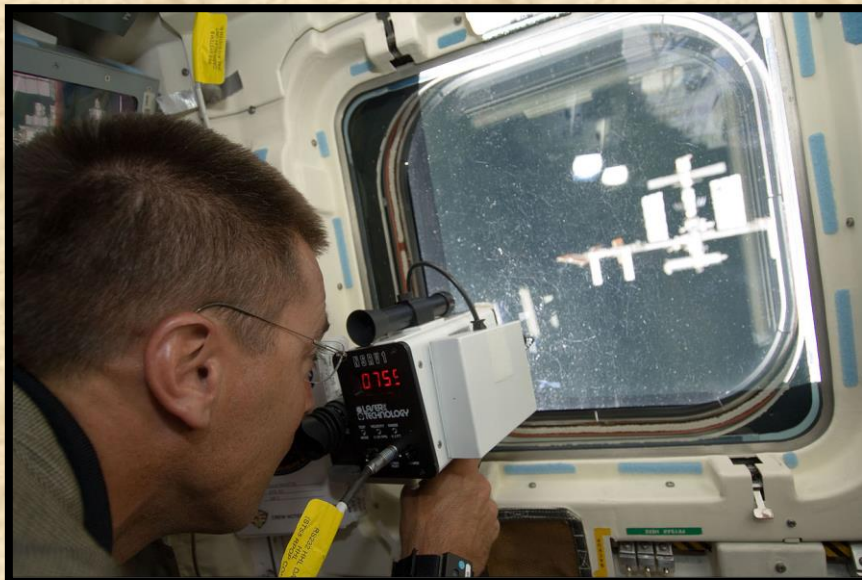
(Fonte: <https://golfstead.com/wp-content/uploads/2021/06/BushnellTourV5.jpg>)

Em novembro e dezembro de 1941, o Comitê de Pesquisa de Defesa Nacional dos Estados Unidos conduziu extensos testes entre o **telêmetro estereoscópico** americano Bausch & Lomb M1 e os **telêmetros de coincidência** British Barr & Stroud FQ 25 e UB 7 e concluiu *"que os testes não indicam nenhuma diferença importante na precisão obtida pelos dois tipos de instrumento - coincidência e estereoscópico. Eles indicam, no entanto, que a diferença no desempenho entre instrumentos grandes e pequenos não é tão grande quanto seria esperado de óptica geométrica simples. O relatório conclui com a crença de que as acuidades estereoscópicas e de coincidência são quase iguais. Em condições favoráveis, os instrumentos existentes dos dois tipos têm um desempenho igualmente bom, e a escolha entre eles, para um determinado objetivo, deve ser baseada em questões de conveniência relacionadas às condições particulares em que devem ser utilizados.*



Uso de Telômetros modernos

(Fonte: <https://golfworkoutprogram.com/wp-content/uploads/2022/10/best-budget-rangefinders.png>)



O astronauta Christopher Cassidy usa um telômetro para determinar a distância entre o Ônibus Espacial Endeavour e a Estação Espacial Internacional.

(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Range_finding_from_shuttle_to_ISS.jpg/220px-Range_finding_from_shuttle_to_ISS.jpg)

Bibliografia

Petersen, G. M. 1919. Range-Finding in the Army. How to use rangefinders to get results: the erect and inverted types. Popular Science Monthly, 94(2):110-113.