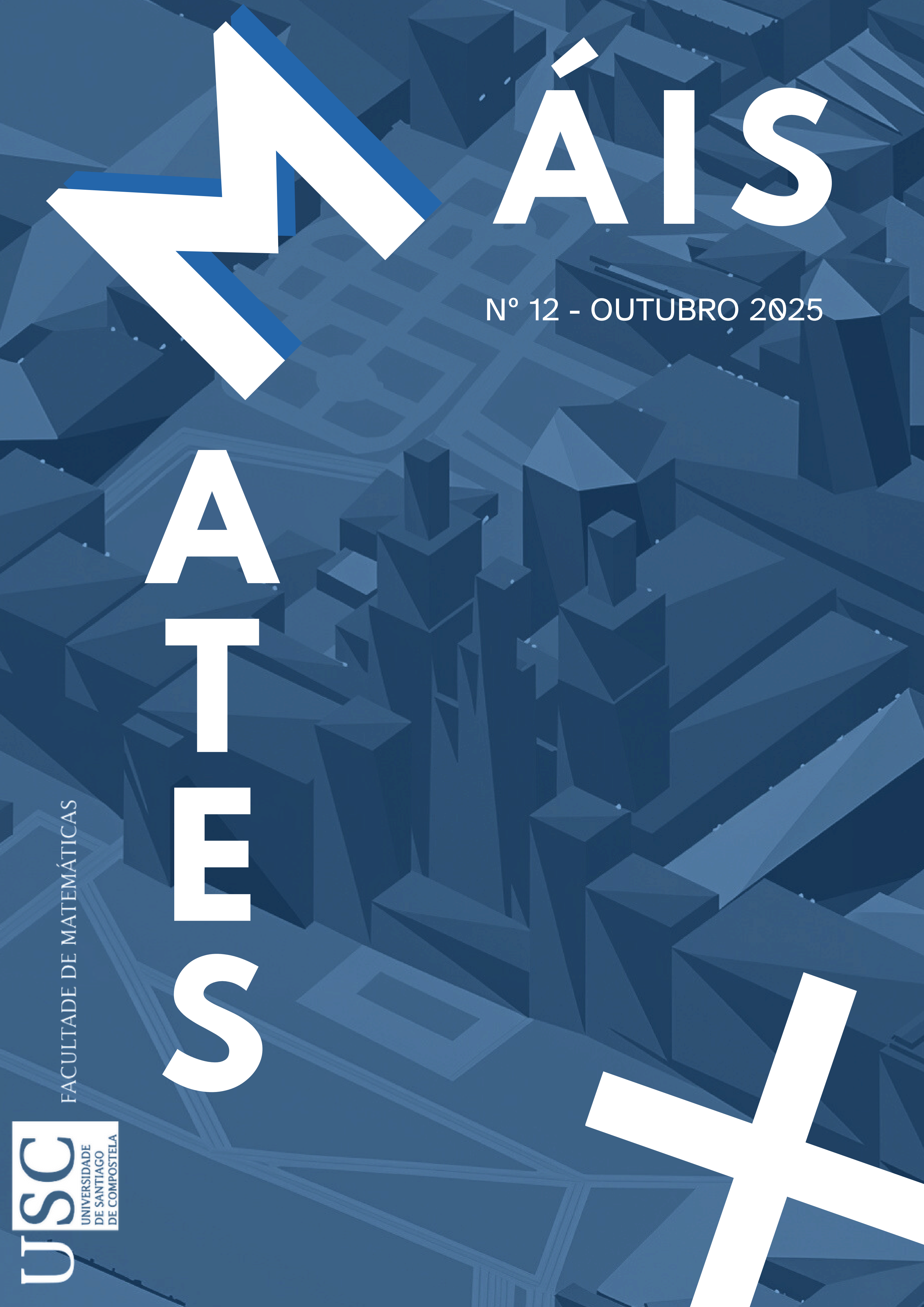

MÁIS MATES

Nº 12 - OUTUBRO 2025

FACULTADE DE MATEMÁTICAS

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

ÍNDICE

SOCIEDADE

HISTORIA

RETOS

TEORÍA

Ola, ola! Benvidos, un ano máis, a Máis Mates, a revista estudiantil da Facultade de Matemáticas da USC. Este ano volvemos con nova dirección, nova imaxe e unha ilusión maior que nunca.

Neste primeiro número, traémosvos...

- unha visitiña á pasada Feira Matemática da Coruña e a un curioso problema de bricolaxe que nela vos podiades atopar,
- unha pequena historia de matemáticas, ciencia e catolicismo cunha entrevista a un experto moi especial na materia; e
- unha viaxe polos hipnotizantes azulexados andalusís baixo a lupa matemática.

Todo isto, xunto coa sempre inestimable participación de Sementeira, augura un extraordinario comezo de etapa. Esperemos que vos guste e que o compartades cos vosos amigos e, se cadra, que vos animedes a colaborar e escribir canda nós.

– a dirección de Máis Mates.

P.D.: Procúrase viñetista!

A viñeta: “Paralelismos”

Santy

Decorando a Feira con Matemáticas

Ibai Otero Gómez e Iago Meis Solla

O pasado mes de marzo de 2025, a nosa asociación de estudantes de matemáticas, MaEGA, tivo o pracer de participar na XVIII Feira Matemática. Este evento de gran relevancia divulgativa en Galicia foi levado a cabo na cidade da Coruña e organizado pola Asociación AGAPEMA [1].

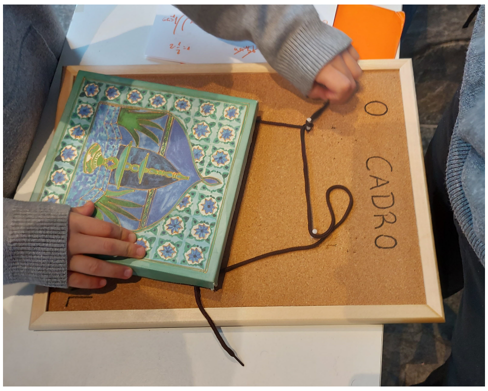

Fig. 1: *Os trastes que levamos á feira!*

A Feira Matemática constitúe un espazo único de encontro entre estudantado de tódalas idades, profesorado de ensino medio e público xeral, co obxectivo de fomentar a interese polas matemáticas mediante actividades interactivas, obradoiros e exposicións. A participación de MaEGA nesta edición representou unha oportunidade para achegar a matemática universitaria á sociedade, compartindo curiosidades, xogos lóxicos e aplicacións prácticas desta disciplina dende unha perspectiva accesible e lúdica. Ademais, durante a xornada tivemos a oportunidade de falar cunha multitude de asistentes sobre a nosa experiencia como estudantes da carreira de Matemáticas. Moitos pais e fillos achegáronse ao noso posto con curiosidade, interesados en coñecer como é o día a día no grao, os retos académicos e o tipo de pensamento que se desenvolve ao longo da titulación.

Entre os diferentes pasatempos que levamos connosco destacaba un cadro xunto con dous cravos e unha corda para colgalo (Figura 5). A xente pasaba ao carón abraiada... que tiña aquilo que ver coas matemáticas? E máis sorprendida aínda ficaba cando lles explicabamos que o problema que tiñan que resolver fora obxecto de exame nunha materia de terceiro do grao en Matemáticas... Presentamos entón a idea de como colgar un cadro usando o grupo fundamental.

Imaxina que tes dous cravos e un cadro, e queres colgalo cumprindo unha regra sinxela: cando levantes calquera dos dous cravos que sosteñen a corda, o marco debe caer. Máis aló de ser unha forma pouco óptima de colgar un cadro, non parece un problema que requira de matemáticas avanzadas, pero agocha moito máis do que parece a primeira vista. Non te precipites en ler xa a solución: dedica uns intres a reflexionar sobre o problema.

Tras pensalo por un momento, parece ser que a idea intuitiva é "desfacer" os lazos que fagamos en torno a un punto, pero enlazando dalgunha forma a corda co outro cravo. Tratemos de ser un pouco máis sistemáticos. Chamémoslle a e b a dar unha volta en sentido horario en torno a cada un dos puntos. As voltas en sentido antihorario van marcadas cun $^{-1}$.

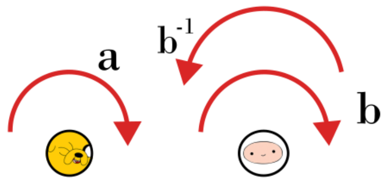

Fig. 2: *Representación das voltas da corda en torno ós cravos.*

Podemos velo esquematizado na Figura 2. Igual que cando multiplicamos, dar unha volta en torno a un punto e despois ir no outro sentido ("multiplicar polo inverso") é igual ca non facer nada. Por exemplo, escribimos as voltas esquematicamente do seguinte xeito: $baa^{-1}b = bb = b^2$.

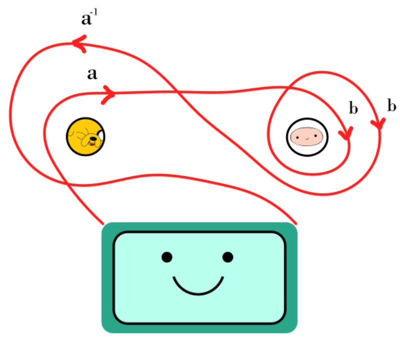

Fig. 3: *Exemplo dunha forma de colgar o cadro. Podes comprobar que non resolve o problema.*

Así, por exemplo, o lazo da Figura 3 vén dado por $aba^{-1}b$. Nótese que para colgalo o que importa non é como de estirado estea o lazo ou como o coloquemos, só a súa posición relativa ás voltas ao redor dos puntos. Agora ben, parece que temos unha operación moi semellante a multiplicar [1]. Isto é o que en matemáticas se coñece como un grupo. Este en particular, danos os lazos esencialmente "diferentes" que po-

[1] Cómpre decatarse de que esta operación non é *conmutativa*!

demos trazar nunha superficie. En matemáticas dá moitísima información sobre a xeometría das superficies, por iso se coñece como o grupo fundamental. Neste caso estamos a calcular o grupo fundamental do plano con dous buratos (ou cravos).

Volvendo ao problema inicial, cal é agora unha combinación de a e b que resolva o que nos propoñen? Cando quitamos un cravo, o de b por exemplo, o que facemos é que desaparezan todas as b da expresión. Polo tanto, necesitamos unha fórmula que non se anule sen quitar os cravos, pero si se anule cando quitemos algún. É dicir, cando tódalas a ou tódalas b desaparezan da fórmula. Es capaz de pensar nalgunha solución agora? Dálle unha *volta*.

Chega con tomar, por exemplo, $aba^{-1}b^{-1}$, como na Figura 4[2]. Se desaparece calquera das letras, o inverso cancelará o seu correspondente e a expresión será nula. Isto é o mesmo que ter un lazo solto e o cadro caerá!

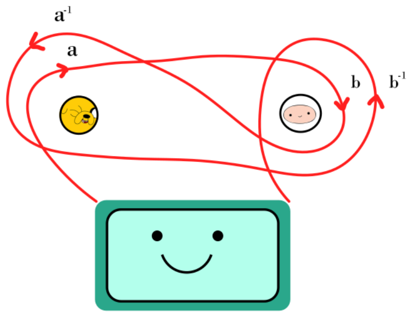

Fig. 4: *Configuración que resolve o problema.*

Así conseguimos abstraer o problema ata simplificalo moitísimo. Esta é a parte máis bonita e elegante das matemáticas: conseguir que un problema complexo semelle case trivial. Con este punto de vista é moito máis sinxelo, por exemplo, atopar unha solución para o problema con 3 cravos. Anímaste a xeneralizar aínda máis o problema? [2]

Fig. 5: *Posto de MaEGA na Feira.*

[2]O lector avispado decatarase de que isto é precisamente o conmutador de a con b, que se adoita denotar $[a,b]$. O conmutador é precisamente unha forma de "medir" se a multiplicación entre a e b conmuta. Nótese que se este produto conmutase, o cadro caería.

REFERENCIAS

[1] AGAPEMA – Asociación Galega do Profesorado de Educación Matemática, *Feira matemática*. https://agapema.org/actividades/feira-matematica/, n.d.

[2] E. D. Demaine, M. L. Demaine, Y. N. Minsky, J. S. Mitchell, R. L. Rivest, and M. Pătraşcu, *Picture-hanging puzzles*, Theor. Comp. Sys., 54 (2014), p. 531–550.

Habemus mathematicum

Santiago González Gómez

O 8 de maio deste 2025, o cardeal Robert Prevost foi elixido 267° papa da Igrexa católica co nome de León XIV. Unha fumata branca non adoita ser tema de conversa en círculos matemáticos, ou científicos en xeral. Porén, desta vez espertou gran curiosidade entre moitos de nós o feito de que León XIV sexa matemático, ou alomenos, que obtivese a licenciatura en 1977. A día de hoxe, non é extraño que os papas teñan carreiras universitarias, nin sequera que estas sexan científicas (Francisco, por exemplo, tiña estudos en Química). Con todo, non debemos esquecer que a relación entre a Igrexa e a ciencia occidental ten sido, ao longo de moitos séculos, canto menos accidentada. Ata que punto conviviron e rivalizaron dende a Idade Media ao século XIX? E, segue sendo esta relación tumultuosa?

Feitos e pleitos

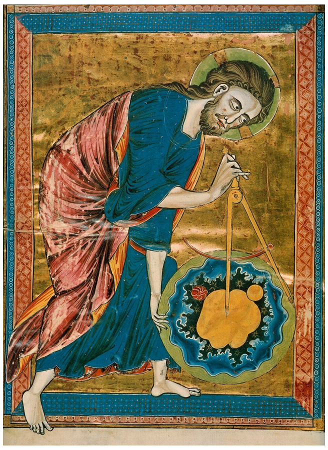

Fig. 6: Deus, arquitecto do mundo. *Miniatura dunha Biblia moralizada, Codex Vindobonensis 2554.*

Durante a Idade Media, a Igrexa católica tiña en Europa un papel absolutamente preponderante, relixiosa pero tamén filosoficamente. Deste modo, todo avance científico ata alomenos o século XIV nace ao abeiro da Igrexa: por unha banda, porque o coñecemento atopábase concentrado primeiro nos mosteiros e logo en universidades que naceron e creceron promovidas pola Igrexa; e por outro lado, porque as ideas que tiñan os pensadores (chamarlle científicos é algo presuntuoso) medievais estaban totalmente influenciadas polas súas crenzas relixiosas. A Idade Media foi considerada durante moito tempo unha época escura, sen avances tecnolóxicos ou científicos destacables, e o cristianismo é moitas veces visto como un dos motivos principais deste estancamento. Os historiadores modernos xa non están de acordo con esta versión simplista e pesimista da ciencia medieval, e aínda que si é certo que a Igrexa puido ser un atranco para certos aspectos do progreso, dende logo non se lle pode botar toda a culpa. Un debe decatarse de que, ata o Renacemento, non houbo descubrimentos con implicacións negativas para a ensinanza da Igrexa, e polo tanto non había motivos para que esta puxese impedimentos ao estudo de, por exemplo, Euclides. A Igrexa celebra tamén a eruditos desta época como Santo Alberte Magno[3], quen tivo intereses en alquimia ou astronomía, campos xa máis pretos a poder ter problemas ideolóxicos coa doutrina cristiá.

En canto aos papas medievais, a formación da meirande parte deles reducíase á teoloxía. Porén, si paga a pena falarmos do francés Silvestre II, que foi papa dende o 999 ao 1003. Nado Gerbert de Aurillac, encantáballe aprender e estudou en España, onde se cre que visitou varias cidades andalusís para contactar coa actualidade matemática do mundo islámico. Gerbert aprendeu aritmética, xeometría e astronomía, e introduciu o ábaco en Europa; porén, non puido promover estas ideas dende o Vaticano, pois tensións políticas provocaron que non tivese practicamente ningunha autoridade ao longo do seu papado.

Fig. 7: Galileo fronte á Inquisición romana. *Cristiano Banti, 1857.*

Os verdadeiros choques producíronse coa chegada do Renacemento. Durante os séculos XV e XVI, estendeuse entre os eruditos europeos o humanismo, unha filosofía que puña no centro a Humanidade, non Deus. Non se poden entender os avances científicos do período sen estas novas ideas, que por primeira vez supeditaban as ensinanzas da Igrexa ao observado experimentalmente polos seres humanos[4]. A primeira noción astronómica (e polo tanto físico-matemática) que de verdade preocupou teoloxicamente ao papado foi o heliocentrismo. Aínda que a idea dunha Terra non central no

[3] A quen por certo lle debemos o festivo da facultade en novembro.

[4] Isto non require necesariamente romper coas ideas cristiás, pero si reinterpretalas. Por exemplo, Galileo defendía que a natureza era unha "palabra de Deus" tan válida como a propia Biblia.

Fig. 8: *O papa Paulo VI observa a chegada do ser humano á Lúa. Paulo VI falou cos astronautas do Apolo 11, enviándolles a súa bendición. Imaxe de [3].*

Universo non era de todo nova, foi Nicolás Copérnico quen, en 1543, deu unha primeira forma ás nosas ideas modernas sobre a disposición do Sistema Solar.

Non podemos ignorar a algúns eclesiásticos máis liberais que abrazaron as ideas copernicianas e tentaron adaptalas á mensaxe cristiá. Con todo, a meirande parte da Igrexa opúxose a estas teorías. Varios pasaxes da Biblia, lidos literalmente, falan da inmovilidade do mundo; ademais, unha Terra orbitando ao Sol trae potenciais problemas teolóxicos, como a posible existencia de seres racionais noutros planetas, a localización do inferno e do ceo ou a centralidade da humanidade no proxecto de Deus. O punto álxido deste enfrontamento foi o proceso da Inquisición romana contra Galileo en 1633, sendo papa Urbano VIII. Galileo foi obrigado a retractarse das súas ideas e prohibíuselle publicar máis libros. Aínda que é innegable que foi condenado por desobediencia á Santa Sé respecto á difusión de ideas consideradas heréticas, a realidade do seu xuízo é moi complexa e foron diversos intereses políticos e persoais os que precipitaron a súa condena.

O xuízo a Galileo é posiblemente o incidente máis dramático entre ciencia e relixión, e exemplifica moi ben esa Igrexa do Renacemento que non soubo, ou non quixo, adaptarse ás novas ideas científicas, que vía como perigosas. Todo aquel que defendera ideas teoloxicamente prexudiciais para a Igrexa era perseguido, e os seus escritos, queimados. Aínda que a Igrexa non perseguía a ciencia en si, senón aos elementos perigosos que nela atopaba, estes eran tantos que non puido senón gañarse a pulso a consideración de retrógrada que moitas veces se ten dela.

O papado continuou promocionando e empregando aqueles descubrimentos que lle eran útiles. En 1582, Gregorio XIII, o Magno, promoveu a reforma do calendario xuliano, desaxustado ao longo dos séculos. Esta intención reformista era esencialmente relixiosa, pois o que se buscaba era determinar correctamente datas como a Pascua. A Gregorio o Magno debemos o actual calendario (*gregoriano*), para cuxa elaboración precisouse de precisas medicións astronómicas e matemáticas. Os misioneiros xesuítas tamén foron os primeiros en introducir en China libros como os *Elementos* de Euclides.

Ábrense portas

Non se produciron grandes avances na relación entre ciencia e Igrexa ao longo dos seguintes séculos. O catolicismo opúxose a doutrinas científicas como o atomismo, a evolución das especies, ou cómputos non creacionistas sobre a idade do Universo. Porén, cara a finais do século XIX, a Igrexa entendeu que a súa supervivencia pasaba tamén por reconciliarse coa ciencia occidental. León XIII foi o primeiro papa activamente interesado na participación do Vaticano na ciencia moderna[5], e en 1891 constituíu o Observatorio Vaticano para a observación astronómica, querendo demostrar que o Vaticano apoiaba o desenvolvemento científico. Por que precisamente astronomía? Debemos entender que os enfrontamentos con Galileo xa quedaran moi atrás, e que se hai algunha rama das ciencias na que a Igrexa si tiña experiencia e participación, especialmente a través dos xesuítas, era a observación astronómica.

No século XX sucédense os achegamentos. Pío XI fundou en 1936 a Pontificia Academia das Ciencias, e o Concilio Vaticano Segundo, unha das principais reformas modernas do catolicismo, preocupouse de desbotar un inherente conflito ciencia-relixión. Posiblemente o fito máis simbólico do século pasado deuse en 1992, cando Xoán Paulo II admitiu erros da Igrexa no proceso contra Galileo.

Aínda que para moitos ciencia e fe son irreconciliables, o certo é que a día de hoxe a maior parte das controversias ideolóxicas da Igrexa atópanse en problemáticas de carácter social, non científico. Dende os albores da ciencia, e ata o día de hoxe, son moitos os científicos, e así tamén matemáticos, que consiguen desenvolver o seu traballo sen renunciar ás súas crenzas relixiosas, católicas ou non.

Conversando co Observatorio Vaticano

O Observatorio Vaticano é probablemente a institución que mellor exemplifica a actual política do papado cara á ciencia. Situado en Castel Gandolfo, a residencia estival do papa, o Observatorio traballa en proxectos internacionais xunto con outras institucións laicas, e participou, por exemplo, na elaboración do primeiro atlas estelar fotográfico. O actual director do observatorio é o irmán xesuíta Guy Consolmagno, licenciado do MIT.

[5]Como curiosidade, cando Cantor, un home profundamente relixioso, formulou as súas teorías sobre os infinitos, preocupouse moito polas implicacións teolóxicas que isto tiña con respecto á idea cristiá do infinito como calidade divina. Cantor enviou diversas cartas a León XIII sobre o tema, cartas que non foron respostadas. Con todo, Cantor si chegou a cartearse con cardeais e outras personalidades do Vaticano.

O irmán Consolmagno é un apaixonado do seu traballo e da importancia de Deus á hora de entender e motivar a súa labor no Observatorio. Por iso, coidamos que non hai mellor persoa que el mesmo para falarnos do que significa ser científico e relixioso. Por diversos motivos, a entrevista co irmán Consolmagno debeu ser moi curtiña. Sexa como for, temos a sorte de poder contar coas súas palabras nesta revista, e tentamos facerlle preguntas algo diferentes ás que usualmente lle fan.

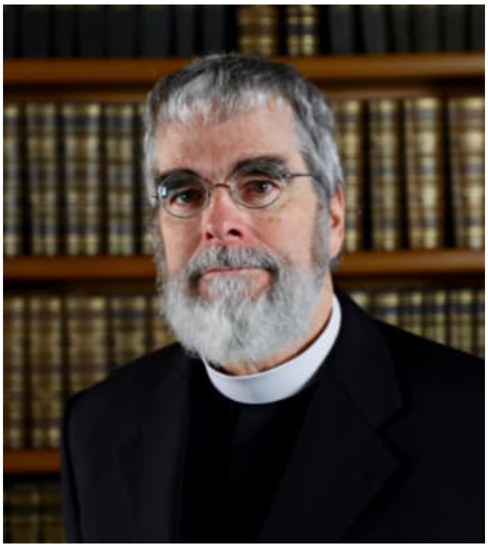

Fig. 9: *O irmán Consolmagno. Imaxe de [3].*

P: Cres que a relación entre a Igrexa e a ciencia é boa a día de hoxe?

R: Si. Dende o punto de vista da Igrexa, a imaxe que temos da ciencia é bastante positiva dende hai un tempo (especialmente dende que o papa León XIII fundou a Specola, e dende que o papa Pío XI reorganizou a Pontificia Academia das Ciencias nos anos 30). E dada a gran visibilidade que ten a Specola entre outros astrónomos, e se cadra a propia natureza da astronomía, sempre fomos benvidos entre os astrónomos. En concreto, ao longo dos últimos 30 anos que levo na Specola, vin a relación prosperar. Cando entrei nos xesuítas en 1989, moitos dos meus colegas dixéronme que tamén eran relixiosos, pero que se sentían incómodos falando diso cos seus colegas. Hoxe en día, todos celebramos as nosas varias tradicións relixiosas, e mesmo aqueles que non son crentes sinten curiosidade.

P: Sentiches algún tipo de prexuízo traballando con colegas de institucións laicas?

R: Nos 32 anos que levo na Specola, véñenseme á cabeza dous casos. Un foi cun grupo de biólogos, nun encontro sobre astrobioloxía; o outro foi cun astrónomo coñecido por ser un tanto noxento… e que resultaba ser británico. A miña experiencia dime que a relación entre fe e ciencia é moito máis delicada no Reino Unido, por varias razóns culturais e históricas, pero mesmo aló a actitude é moito máis tolerante agora que hai unha década.

P: Cres que o feito de ter estudos en Matemáticas pode influír o ministerio ou as ideas teolóxicas da Súa Santidade [León XIV]?

R: Non directamente. Dende logo, ter estudos neste campo significa que está predisposto ás ciencias: nin as teme, nin lles dá máis creto do que merecen! [León XIV] xa mostrou interese en observar a través dos nosos telescopios, só por amor á arte. E debemos lembrar que esa sensación de felicidade que experimentamos coa astronomía é importante… A felicidade é a proba da presenza de Deus.

Se quedastes con ganas dunha entrevista máis profunda ao irmán Consolmagno, recomendamos a visualización de [1].

Moitas grazas a Mateo Mariño pola súa axuda na tradución desta entrevista.

Referencias

[1] EWTN, *The Pope's Astronomer: Meet Br. Guy Consolmagno*. youtube.com/watch?v=o3eqYbKVYC0.

[2] D. C. Lindberg and R. L. Numbers, *God and Nature: Historical Essays on the Encounter Between Christianity and Science*, University of California Press, 1986.

[3] Vatican Observatory, *Vatican Observatory - Home*. vaticanobservatory.org.

Nova Tempada en Sementeira

Como todos os anos, dende Sementeira poñémonos en marcha para organizar diversas actividades relacionadas coa resolución de problemas e coas olimpíadas matemáticas.

En particular, para este curso traemos varias novidades froito dun incipiente relevo xeracional e do traballo destes 3 últimos anos, nos que o proxecto está a vivir unha segunda xuventude logo de que os estudantes se fixesen cargo da organización do mesmo.

Web de Sementeira

Unha das principais novidades é a posta en funcionamento da nosa nova web: *sementeira.maega.gal*.

Como ben saberedes, nas sesións dos seminarios de Sementeira (aos que vos convidamos a acudir) dedicámonos a resolver, en común, distintos problemas matemáticos extraídos de olimpíadas ou libros. Durante os últimos 3 anos vimos levando a cabo un traballo de documentación, clasificación e tradución destes problemas, conformando unha colección de enunciados e solucións de múltiples fontes en galego.

É agora, a través da nova web, cando todo este traballo ve por fin a luz. Desta forma, en *sementeira.maega.gal/Problemas/* poderanse atopar unha recua de problemas e solucións, clasificados todos eles segundo a súa dificultade e temática.

Ademais, co afán de crear algo útil para a comunidade, habilitamos en cada un dos problemas dispoñibles na web unha sección de foro na que os estudantes poidan compartir as súas dúbidas. Dúbidas que, por outra banda, estaremos encantados de resolver dende a comunidade de Sementeira.

Concurso: Búscanse Solucións

Este ano comezamos tamén unha nova iniciativa, o concurso *Búscase solución*, unha competición moito máis laxa que as olimpíadas tradicionais.

Inspirados nos famosos carteis de recompensas do Salvaxe Oeste, teremos un "taboleiro de recompensas" (na propia web de Sementeira) onde cada dúas semanas aparecerán unha serie de problemas, os cales os participantes teñen que "cazar" (é dicir, atopar a súa solución). Non todos os problemas ofrecerán a mesma dificultade, polo que a súa recompensa asociada varía. Así pois, clasificámolos en tres niveis:

- *Nivel 1*: un problema apto para calquera persoa e que na súa resolución só emprega coñecementos previos á carreira.
- *Nivel 2*: de dificultade algo maior que o nivel anterior, podendo precisar coñecementos do grao.
- *Nivel 3*: un problema verdadeiramente complicado.

Entón, resolver cada problema terá como recompensa o seu nivel en puntos (1, 2 ou 3). Mais esta non é a única forma de gañar puntos. Ofrecémosvos dúas alternativas:

- *Rapidez*: gustaríanos saber quen é o máis rápido do Salvaxe Oeste, polo que ser o primeiro en dar "caza" a un problema darache un bonus de 0.5 puntos.
- *Beleza*: matar un problema de maneira trivial cun teorema famoso non ten pinta de ser moi divertido, por iso imos recompensar con 0.5 puntos a quen se lle ocorra a solución máis creativa ou novidosa.

Todos os participantes contarán con dúas semanas para resolver os problemas propostos. Se un problema se "escapa" e ninguén o resolve no prazo establecido, o prezo pola súa cabeza aumentará nun punto e volverá a aparecer no taboleiro.

Dende o equipo de Sementeira convidámosvos a participar neste concurso, xa que é totalmente gratuíto e pode ser unha boa forma de descansar das matemáticas monótonas da carreira. Ademais, creemos que a dificultade do *Nivel 3* está á altura do profesorado, ao que tamén animamos a participar.

"Que gañe o mellor!"

O legado da Alhambra

Alejandro Pousa Alonso

Hai uns meses, un grupo de estudantes da facultade aventurámonos nunha viaxe a Granada pola celebración do Encontro Nacional de Estudantes de Matemáticas (ENEM). No día libre do evento fomos á Alhambra, un conxunto de palacios e xardíns rodeados por unha fortaleza situada nun dos puntos máis altos da cidade granadina, e que non só destaca polo seu exterior. Para entender a marabilla que esconde dentro debemos estudar algúns conceptos previos.

Unha rede de Bravais é un conxunto de puntos xerados mediante unha serie de operacións discretas, no noso caso, nun espazo bidimensional. É dicir, dada unha base de vectores $\{a_1, a_2\}$ consideramos tódolos posibles puntos da forma $n_1 a_1 + n_2 a_2$ con $n_1, n_2 \in \mathbb{Z}$. Isto xera unha malla de puntos que, dependendo do ángulo e módulo dos vectores, pódense clasificar en distintos tipos. Ao estarmos en dúas dimensións, só teremos 5 redes: cadrada, rectangular, oblicua, hexagonal e rómbica. Agora, seleccionaremos un patrón, que definiremos de maneira repetitiva guiándonos polos puntos da rede.

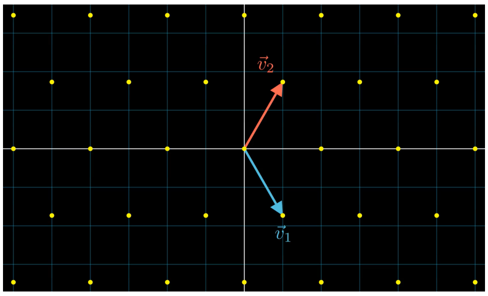

Fig. 10: *Malla hexagonal xerada cos vectores* $(1, \frac{-\sqrt{3}}{2})$ *e* $(1, \frac{\sqrt{3}}{2})$.

Un grupo cristalográfico (ou grupo de papel pintado) é unha clasificación matemática baseada nas simetrías dun patrón repetitivo en dúas dimensións. A partir da rede de Bravais que queiramos, definiremos o noso patrón no interior das rexións que forme. Son 17 grupos distintos, onde cada un ten asociado un nome segundo as simetrías que teña; tamén hai varios tipos de notación, pero centrarémonos na máis coñecida, a notación UIC.

Esta notación está formada por 2-4 caracteres onde o primeiro sempre é unha p ou unha c, dependendo de se usa celda primitiva, unha rexión mínima da malla que cubre todo o plano con traslacións; ou celda centrada, unha rexión máis grande ca primitiva, cun vértice da malla no centro, que reflicte de maneira máis intuitiva os eixos de simetría. O resto de caracteres informan sobre a orde do grupo de rotacións, $(2,3,4,6)$, e sobre se ten reflexións, denotadas por m de *mirror*, reflexións con deslizamiento, denotadas por g de *glide*, ou nada, denotadas por 1. Algúns exemplos serían:

- $p1$: Só ten traslacións.
- $p3m1$: Centros de rotación de orde 3, e unha reflexión.
- $p6m$: Centros de rotación de orde 6, e unha reflexión.

Fig. 11: *Á esquerda, exemplo de grupo* $p1$. *Á dereita, exemplo de grupo* $p3m1$.

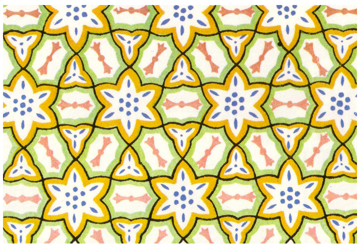

Fig. 12: *Exemplo de grupo p6m.*

O detalle polo que a Alhambra está tan relacionada con esta clasificación é porque contén debuxados nas súas paredes os 17 grupos. O máis curioso é que non falta ningún, aínda que non sería ata 400 anos despois de rematarse a construción, no 1891, cando o matemático mineralista ruso Evgraf Fedorov demostrou que existían estes e só estes. É dicir, os artesáns que levantaron o complexo non só nos deixaron unha grande obra arquitectónica, senón tamén un legado que fala da mestría e do control que tiñan das matemáticas e da xeometría.

Referencias

[1] Jamie Vu, *Classification of wallpaper groups*, 2024/2025.

[2] Julija Zavadlav, *Wallpaper groups*, 2012.

[3] Patrick J. Morandi, *The classification of wallpaper patterns: From group cohomology to escher's tessellations*, 2003.

Grazas a todos os que fan esta revista posible: á facultade de Matemáticas, aos redactores, aos correctores, aos entusiastas e a ti, que aseguras que este proxecto siga vivo. Fai que o próximo número non sexa o último...

Lenos!

Contáctanos!

Colabora connosco!

Forma parte desta pequena familia.

---

revistamaismates@gmail.com

NÚMEROS ANTERIORES

COA COLABORACIÓN DE

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

FACULTADE DE MATEMÁTICAS

UNHA ACTIVIDADE PARTE DE

Asociación Galega de Estudantes de Matemáticas