

Pesquisa

FAPESP ▲

AOÛT 2023

LES SÉQUELLES INVISIBLES DU VIOL

L'agression sexuelle provoque des changements cellulaires nocifs à l'organisme, ainsi que des dommages psychologiques durables

Un algorithme améliore la détection des deepfakes, vidéos modifiées par l'intelligence artificielle

Les découvertes de Marta Azevedo ont guidé les politiques publiques pour les peuples autochtones

Mise à jour, les collections Brasilianas élargissent les perspectives de réflexion sur le pays

Des études portent sur la participation des femmes au processus d'indépendance

Les forces armées des États-Unis soutiennent des projets de recherche fondamentale au Brésil

PRÉSIDENT

Marco Antonio Zago

VICE-PRÉSIDENT

Ronaldo Aloise Pilli

CONSEIL SUPÉRIEUR

Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legi Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug

CONSEIL TECHNIQUE & ADMINISTRATIF

PRÉSIDENT-DIRECTEUR

Carlos Américo Pacheco

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE

Marcio de Castro

DIRECTEUR ADMINISTRATIF

Fernando Menezes de Almeida



Pesquisa
FAPESP

ISSN 1519-8774

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Luiz Nunes de Oliveira (Président),
Agma Juci Machado Traina, Américo Martins Craveiro,
Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca
Almeida, Angela Maria Alonso, Carlos Américo
Pacheco, Claudia Lúcia Mendes de Oliveira, Deisy
das Graças de Souza, Douglas Eduardo Zampieri,
Eduardo de Senzi Zancul, Euclides de Mesquita Neto,
Fabio Kon, Flávio Vieira Meirelles, Francisco Rafael
Martins Laurindo, João Luiz Filgueiras de Azevedo,
José Roberto de França Arruda, Lilian Amorim, Lucio
Angnes, Luciana Harumi Hashiba Maestrelli Horta,
Luiz Henrique Lopes dos Santos, Mariana Cabral
de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne
Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Marta Teresa
da Silva Arretche, Reinaldo Salomão, Richard Charles
Garratt, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Wagner
Caradori do Amaral et Walter Colli

COORDINATEUR SCIENTIFIQUE

Luiz Nunes de Oliveira

DIRECTRICE DE LA RÉDACTION

Alexandra Ozorio de Almeida

RÉDACTEUR EN CHEF

Neldson Marcolin

ÉDITEURS Fabricio Marques (Politiques S&T),
Carlos Fioravanti, Marcos Pivetta, Maria Guimarães
et Ricardo Zorzetto (Science), Ana Paula Orlandi
(Humanités), Yuri Vasconcelos (Technologie)

REPORTER Christina Queiroz

ART Claudia Warrak (Éditrice), Júlia Cherem Rodrigues
et Maria Cecilia Felli (designer), Alexandre Affonso
(Infographie), Felipe Braz (Designer digital)
et Amanda Negri (Coordonnatrice de production)

PHOTOGRAPHE Léo Ramos Chaves

BANQUE D'IMAGES Valter Rodrigues

TRADUCCION Jorge Thierry Calasans, Pascal
Reullard, Eric René Lalagüe et Nancy Alves

COLLABORATEURS Catarina Bessel,
Diego Viana, Glenda Mezarobba, Guilherme
Eler, Gustavo Piqueira, Hudson Pinheiro,
Rodrigo de Oliveira Andrade, Sarah Schmidt,
Suzel Nunes, Zé Vicente

IMPRESSION Leograf

LA REPRODUCTION TOTALE OU PARTIELLE DES
TEXTES, DES PHOTOGRAPHIES, DES ILLUSTRATIONS ET
DES INFOGRAPHIQUES EST INTERDITE, SAUF
AUTORISATION PRÉALABLE

GESTION ADMINISTRATIVE FUSP – FONDATION
DE SOUTIEN À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE DE
L'ÉTAT DE SÃO PAULO

PESQUISA FAPESP Rue Joaquim Antunes, n° 727, 10°
étage, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP, Brésil
FAPESP Rue Pio XI, n° 1.500, CEP 05468-901, Alto
da Lapa, São Paulo-SP, Brésil

SECRETARIAT DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE, DE
LA SCIENCE, DE LA TECHNOLOGIE ET DE L'INNOVATION
GOUVERNEMENT DE L'ÉTAT DE SÃO PAULO

LETTRE DE L'ÉDITRICE

Indépendance et droits

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRECTRICE DE LA RÉDACTION

Le viol est l'un des crimes les plus violents et abjects auxquels nous sommes confrontés. Ce type d'agression soumet la victime à un niveau élevé de stress qui laisse des cicatrices psychologiques et peut également provoquer des transformations physiologiques. Une équipe de l'Université Fédérale de São Paulo (Unifesp) qui offre également des soins ambulatoires a étudié l'impact de la violence sexuelle sur le corps des femmes au niveau cellulaire. Plus de la moitié développent un type spécifique de TSPT caractérisé par une inflammation légère mais durable qui programme leur système immunitaire pour réagir à l'agression. En plus de comprendre la nature de ce traumatisme, l'équipe étudie des moyens plus efficaces de traiter les victimes. L'amélioration de la qualité du sommeil est importante pour réduire les symptômes de stress et la souffrance psychologique (page 6).

Malheureusement, les peuples autochtones d'Amazonie ont récemment été sous le feu des projecteurs en raison de la négligence de l'État et de l'extraction illégale d'or sur leurs terres. La démarcation de leur territoire est garantie par la Constitution brésilienne de 1988 et c'est un travail qui a été entrepris au cours de ces dernières décennies. La cartographie de la population autochtone sur le territoire brésilien est une condition préalable importante à la démarcation des terres. L'anthropologue Marta Maria Azevedo est une pionnière de la démographie indigène. Son travail a contribué à l'inclusion de questions sur la langue et l'ethnicité dans le recensement national effectué tous les dix ans. Dans une interview pour *Pesquisa FAPESP*, Marta M. Azevedo estime que 400 peuples autochtones distincts seront identifiés dans le recensement en cours (page 12).

La langue Tupi est utilisée par divers peuples d'Amérique du Sud. La population s'est dispersée à travers le sous-continent dans un mouvement territorial qui a commencé il y a environ 3 000 ans. L'analyse de la génétique Tupi actuelle suggère que cette dispersion s'est accompagnée d'une explosion démographique, qui aurait pu atteindre

jusqu'à 5 millions d'individus (page 42). Les résultats offrent un aperçu de l'expansion des peuples Tupi, contredisant la croyance largement répandue selon laquelle la barrière physique imposée par les Andes empêchait le mélange génétique entre les populations des deux côtés.

Rarement mentionné en ce qui concerne les gaz à effet de serre, le méthane est en deuxième position après le dioxyde de carbone en termes d'impact sur l'environnement. À l'échelle mondiale, 62% de ce gaz est généré par l'activité humaine, comme l'élevage bovin. Parfois connu sous le nom de gaz des marais, il est également produit naturellement par la décomposition de matières organiques dans les zones humides. Le biome amazonien est responsable de 8% de la production mondiale. Les trois quarts du méthane produit en Amazonie proviennent de processus naturels, mais un quart est attribué à l'activité humaine. Les recherches de l'INPE montrent que les émissions de méthane dans la région sont restées stables entre 2000 et 2018 (page 38).

Le 7 septembre 2022 a marqué le bicentenaire de l'indépendance du Brésil vis-à-vis du Portugal. 200 ans plus tard, des documents sont toujours découverts, les données sont réanalysées et de nouvelles perspectives sont élaborées. Trois articles de notre édition originale portugaise du jubilé, publiée en août 2022, ont été sélectionnés pour nos lecteurs francophones. Ils examinent différents thèmes, y compris des propositions ambitieuses pour l'éducation publique universelle qui n'ont pas été mises en œuvre en raison d'un manque de fonds (page 74). L'absence de droits politiques n'a pas empêché les femmes de participer au processus qui a conduit à l'indépendance et aux guerres internes menées après la séparation officielle entre le Brésil et le Portugal (page 78). Le Brésil était la seule colonie portugaise sur le continent sud-américain, mais des liens avec ses voisins hispaniques peuvent être identifiés au cours du processus d'indépendance, dont plusieurs luttait également pour l'émancipation (page 68).



3 LETTRE DE
L'ÉDITRICE

COUVERTURE

6 Le viol provoque
des dommages
psychiques et une
inflammation qui
peut accélérer
le vieillissement

Illustration de couverture
Catarina Bessell

ENTRETIEN

12 L'anthropologue
Marta Azevedo a
été pionnière dans
l'identification du
rétablissement
de la population chez
les peuples autochtones

INFORMATIQUE

18 Un algorithme
détecte les *deepfakes*,
les images et les
vidéos modifiées
grâce à l'intelligence
artificielle

ASTROPHYSIQUE

22 Le télescope
géant GMT reçoit
une contribution
supplémentaire
de 205 millions de
dollars US

OPTIQUE

24 Le microscope
à résolution atomique
créé à l'Unicamp
est lancé sur le
marché mondial

INGÉNIERIE

28 Une startup de
l'État d'Espírito Santo
lance un robot-chien
guide d'aveugles

ÉCOLOGIE

32 La région de
l'embouchure
de l'Amazone abrite
des mangroves
d'eau douce

BIODIVERSITÉ

35 Un projet
international préserve
les semences de
parents sauvages
de cultures agricoles

CLIMAT

38 L'Amazonie
produit 8% du méthane
de la planète, le
deuxième plus important
gaz à effet de serre



GÉNÉTIQUE

42 Les peuples Tupi auraient rassemblé 5 millions d'individus avant l'arrivée des Européens

INDICATEURS

46 Une métrique évalue les entreprises innovantes qui génèrent beaucoup d'emplois

ENTRETIEN

50 Euclides de Mesquita Neto parle des défis en tant que secrétaire exécutif du *Global Research Council*

FINANCEMENT

54 Les forces armées des États-Unis appuient des projets de recherche fondamentale au Brésil

URBANISME

58 La carte de Rio de Janeiro montre les transformations géographiques et urbaines depuis 1500

BIBLIOTHÉCONOMIE

62 La numérisation et l'incorporation d'objets actualisent les collections de *Brasilianas*



Ci-dessus, l'anthropologue Marta do Amaral Azevedo (ENTRETIEN, p. 12) ; à côté, à gauche, la bibliothèque *Brasiliana* Guita et José Mindlin (HISTOIRE, p. 62) ; ci-dessous, un tableau de Debret montre l'impératrice Marie-Léopoldine étant reçue par l'empereur Pierre I à Rio de Janeiro (HISTOIRE, p. 78)



HISTOIRE | BRÉSIL 200 ANS

68 Les analyses des mouvements opposés à l'émancipation revisitent le processus de formation de l'État brésilien et les relations avec l'Amérique latine

HISTOIRE | BRÉSIL 200 ANS

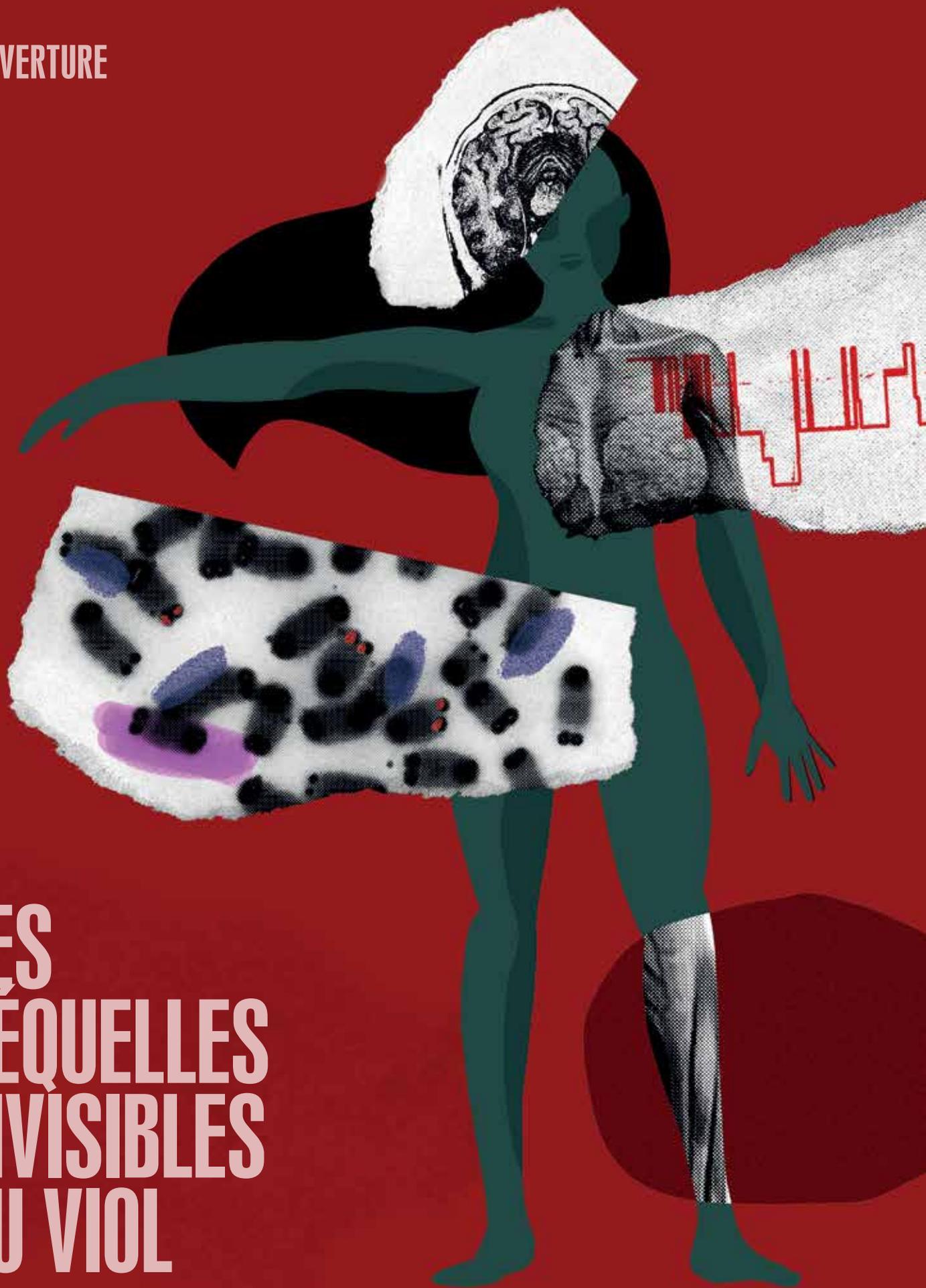
74 La pensée libérale a inspiré des propositions d'instruction publique universelle

HISTOIRE | BRÉSIL 200 ANS

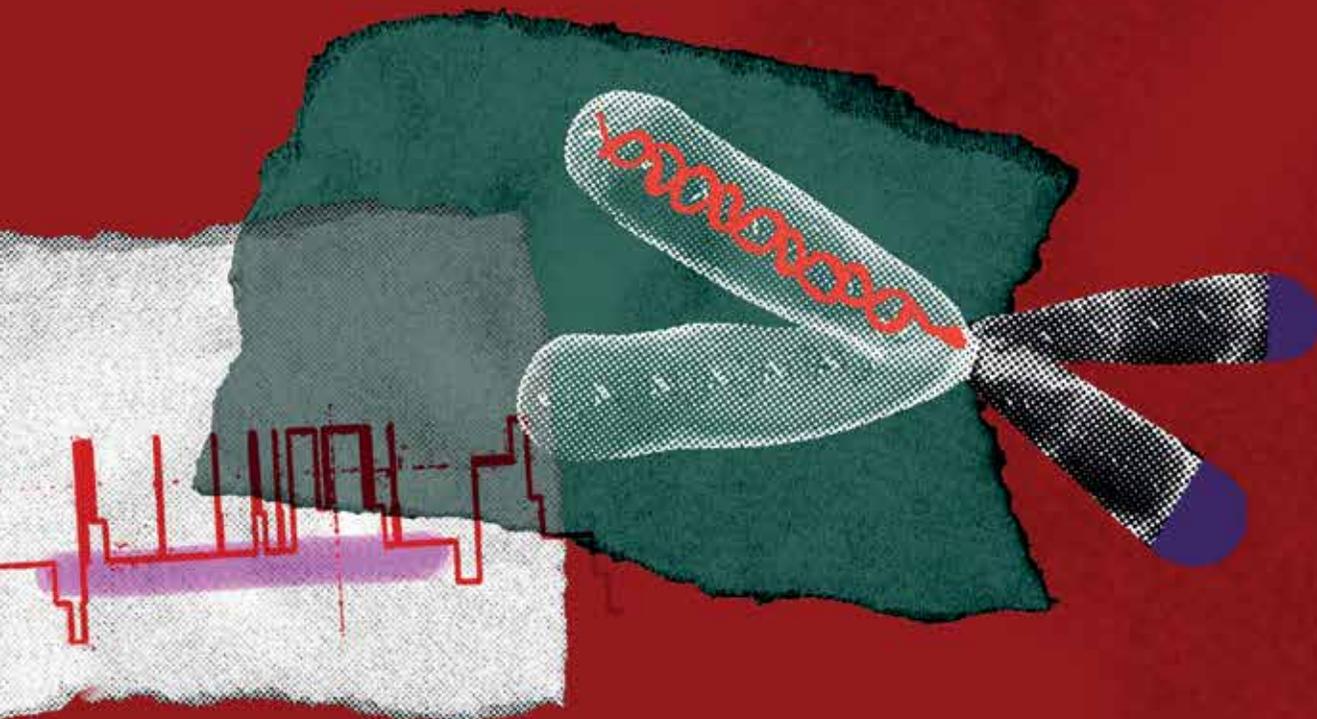
78 La participation des femmes au processus d'indépendance

82 PHOTOLAB

COUVERTURE



LES SÉQUELLES INVISIBLES DU VIOL



Le stress causé par les agressions sexuelles est à l'origine de souffrances psychiques et déclenche une réaction inflammatoire qui peut accélérer le vieillissement

Ricardo Zorzetto | ILLUSTRATIONS Catarina Bessell

À la fin de la lecture de ce texte, une femme ou une jeune fille de plus aura été violée au Brésil. 56 098 cas ont été enregistrés en 2021. Un toutes les 9,4 minutes, soit 153 cas par jour, selon le rapport « Violence contre les femmes en 2021 », publié en mars de cette année par le Forum Brésilien de Sécurité Publique. Trois victimes sur quatre sont des enfants et des adolescents de moins de 14 ans. Ces statistiques, fournies par la police et les services de sécurité publique, sont notoirement sous-estimées. Selon certaines études, un seul cas sur 10 est signalé. Un crime abominable, dont la définition juridique a été maintes fois actualisée, le viol soumet la victime à un niveau de stress si élevé qu'il lui laisse des blessures extrêmement profondes tant sur le plan physique que mental.

Près de la moitié des filles et des femmes victimes de ce type de violence, avec ou sans pénétration, développent un syndrome appelé trouble de stress post-traumatique (TSPT), un trouble psychiatrique extrêmement invalidant qui commence

à être mieux compris par les chercheurs de l'Université Fédérale de São Paulo (Unifesp). Un groupe créé par le psychiatre Marcelo Feijó de Mello étudie les transformations psychiques et physiologiques de ces victimes dans la clinique ambulatoire de l'université, dans le cadre du Programme de Recherche et de Sensibilisation à la Violence et au Stress Post-traumatique (Prove).

« Il semblerait que le traumatisme causé par la violence sexuelle soit si intense qu'il entraîne le développement d'un état de stress post-traumatique dont les caractéristiques sont différentes de celles observées dans les troubles causés par d'autres causes, comme une attaque à main armée », explique la psychiatre Andrea Feijó de Mello, épouse de Marcelo, coordinatrice du programme Prove, et responsable de l'essai clinique qui a évalué deux types de soins, l'un à base d'antidépresseurs et l'autre à l'aide de psychothérapie. La différence réside dans le fait que les victimes de violences sexuelles présentent presque toujours un cadre de dépression, qui ne serait pas une deuxième maladie (comorbidité), mais une composante de ce type spécifique de TSPT. Une autre

particularité vient du fait que ces victimes développent une inflammation légère et durable, qui peut accélérer le vieillissement de l'organisme, comme le suggère l'usure des télomères (structures chargées de stabiliser l'ADN), qui fonctionnent comme un marqueur du vieillissement des cellules.

Quatre-vingt-six femmes et 31 adolescentes ayant développé un stress post-traumatique à la suite d'un viol ont accepté de participer au Programme Prove, l'un des rares au monde mené exclusivement avec des victimes de ce type de violence sexuelle. Toutes ont été accueillies à l'hôpital Pérola Byington, principal centre de référence en santé féminine de la ville de São Paulo, où elles ont reçu une assistance médicale et une médication visant à prévenir la grossesse et l'infection par le VIH avant d'être dirigées vers le programme Prove. Elles ont ensuite passé une batterie de tests psychologiques, d'analyses sanguines, d'examen génétiques et radiologiques afin d'évaluer différents aspects de leur santé physique et mentale, à deux moments, l'un peu après l'agression sexuelle et l'autre un an après le début de l'étude. La plupart d'entre elles n'ont pas terminé cette étude, en raison de l'éloignement, de la peur de quitter leur domicile et d'être à nouveau violentées, ou du malaise ressenti à l'idée de replonger dans un contexte où elles avaient si souvent parlé de cet événement traumatique. Malgré ces abandons, les résultats obtenus ont permis d'identifier les spécificités du stress post-traumatique découlant d'agressions sexuelles.

Sur les 58 participantes qui ont accepté de se soumettre à la plupart des examens et des tests, 96,5 % souffraient de dépression, une altération de l'humeur prévisible dans près de la moitié des cas de TSPT. La psychiatre Ana Teresa D'Elia, dans sa thèse de doctorat encadrée par Andrea Mello, a également observé chez ces femmes une réponse inhabituelle de deux hormones associées au stress, l'adrénocorticotrophine (ACTH), produite dans le cerveau par la glande pinéale, et le cortisol, sécrété par les glandes surrénales.

Des situations stressantes, causées par un danger réel ou apparent, activent une série d'hormones, dont l'ACTH et le cortisol, qui stimulent les réserves d'énergie et préparent le corps à combattre ou à fuir. Quand la menace s'éloigne, le cerveau interrompt la production de cortisol. Dans le cas du TSPT, ce système se dérègle et le cerveau devient hypersensible au cortisol, restant en alerte même avec de faibles niveaux de cette hormone dans le sang. Ana Teresa D'Elia a cependant observé le contraire chez les femmes victimes de viols et dont le cerveau était devenu insensible au cortisol. Elles présentaient donc des taux plus élevés de cette hormone même un an après le début du traitement

par antidépresseurs et/ou par psychothérapie et l'amélioration de leurs symptômes, selon un article publié en 2021 dans la revue BMC Psychiatry. Selon les chercheurs de l'Unifesp, ce type de déséquilibre hormonal et la fréquence élevée de cas de dépression confirment l'hypothèse qui a surgi ces dernières années selon laquelle le trouble de l'humeur serait une composante du TSPT causé par une agression sexuelle, et non une maladie distincte qui pourrait survenir simultanément.

Le cortisol, à forte dose et pendant de longues périodes, endommage les cellules de différents organes (y compris le cerveau), qui libèrent alors des substances inflammatoires. Un an après les premiers examens, Teresa D'Elia a détecté dans le sang des victimes des concentrations élevées de quatre molécules importantes responsables des inflammations. Ces niveaux étaient plus élevés que ceux détectés chez les volontaires ne souffrant pas de traumatisme sexuel ni de TSPT (groupe témoin), déclare l'équipe dans un article qui sera publié en novembre dans la revue Journal of Psychiatric Research. D'autres études avaient déjà détecté une inflammation dans l'organisme de personnes souffrant de TSPT, mais pas aussi durable. « Les résultats des travaux actuels suggèrent que, d'une certaine manière, le système immunitaire de ces femmes a été reprogrammé pour répondre aux agressions », affirme la psychiatre brésilienne Elisa Brietzke, de la Queen's University au Canada, qui étudie l'inflammation dans les maladies mentales et qui n'a pas participé à cette étude. « Tout indique que le traumatisme sexuel peut avoir un effet à long terme, éventuellement permanent, sur leur santé physique et mentale ».

L'inflammation persistante, fréquente dans certains troubles mentaux et dans des maladies chroniques telles que l'obésité, le diabète, les problèmes cardiovasculaires et le cancer, semble accélérer le vieillissement de l'organisme. L'une des manières de vérifier ce phénomène est de mesurer la longueur des télomères, qui sont les structures situées aux extrémités des chromosomes. Les télomères sont

LE VIOL ET LES DIFFÉRENTS TYPES D'AGRESSION SEXUELLE DÉBOUCHENT SOUVENT SUR UN STRESS POST-TRAUMATIQUE



essentiels pour préserver la stabilité du matériel génétique, mais ils raccourcissent un peu plus à mesure que la cellule se divise. Ainsi, au bout d'un certain temps, la cellule cesse de se multiplier, réduisant ainsi la faculté de restauration des tissus.

Dans sa thèse de doctorat à l'Unifesp encadrée par Sintia Belangero, la généticienne Carolina Muniz Carvalho a évalué la longueur des télomères des cellules sanguines de 64 femmes victimes de viols et ayant développé des TSPT. De manière générale, toutes les participantes avaient des télomères plus courts que ceux du groupe témoin, comme cela avait déjà été observé dans d'autres études. Néanmoins, cette différence n'était statistiquement significative que chez les femmes qui souffraient d'un trouble spécifique appelé reviviscence, qui se traduit par le souvenir spontané d'un événement traumatique et des cauchemars répétés à ce sujet. Selon les résultats publiés dans la revue *Frontiers in Psychiatry* en mai, la différence constatée dans la longueur des télomères a disparu un an plus tard, peut-être du fait du traitement ou de la réduction significative du nombre de femmes ayant suivi la deuxième évaluation (seulement 24 sur 64). « L'hypothèse la plus probable est que le TSPT et ses symptômes entraînent un raccourcissement des télomères », explique Belangero, coordonnatrice du volet génétique de l'étude.

Le syndrome de stress post-traumatique, qui figure aujourd'hui dans les manuels de diagnostic psychiatrique, a commencé à être étudié à la fin du XIX^e siècle. Certains y voient des similitudes dans les descriptions faites par le médecin nord-américain Jacob Mendes da Costa (1833-1900), et d'autres dans celles du neurologue et psychologue français Pierre Janet (1856-1947). Ce trouble se traduit par des souvenirs spontanés ou indésirables de l'événement, des cauchemars récurrents à son sujet, un sentiment de culpabilité et un état de vigilance constant, entraînant une souffrance psychologique intense. Au cours d'une grande partie du siècle dernier, ce trouble était connu sous le nom de névrose

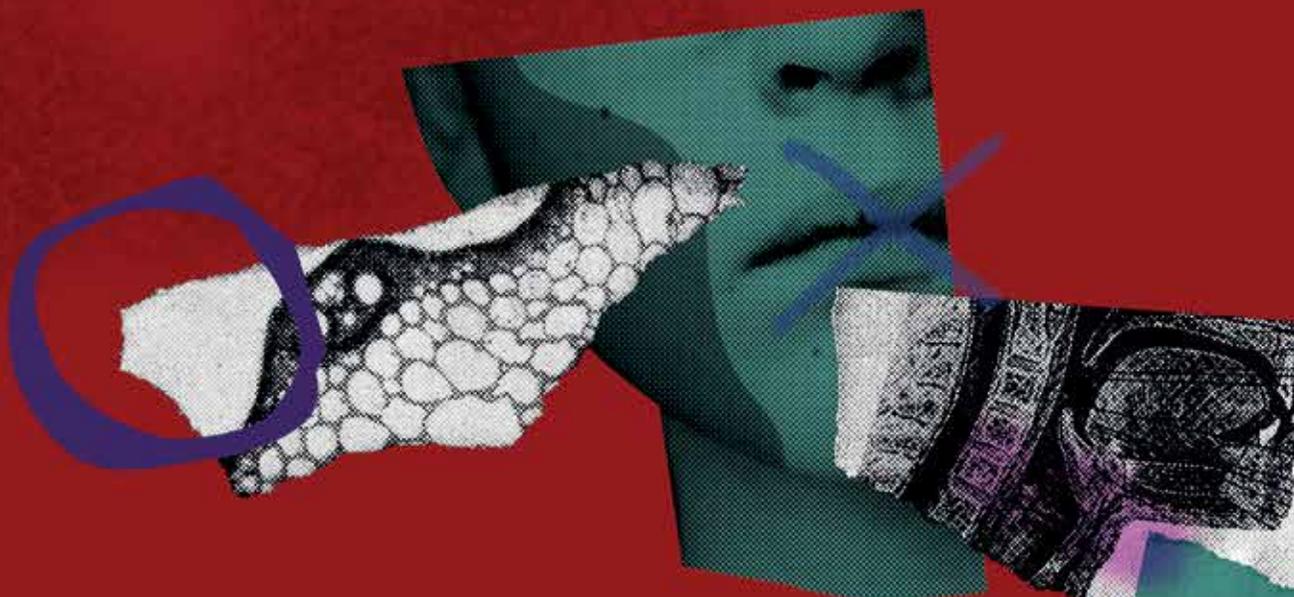
de guerre ou de stress du combat et était lié aux expériences traumatiques vécues par les soldats.

La migration des ruraux vers les villes et la propagation de la violence urbaine ont fait apparaître au plus près un problème que l'on croyait réservé aux situations de guerre. D'autres formes d'agression, telles que les enlèvements, les vols à main armée ou les violences domestiques, sont également apparues au fil du temps. La dernière version du manuel de diagnostic de l'Association Américaine de Psychiatrie (DSM-5), ne considère plus le TSPT comme une manifestation d'anxiété extrême et l'a classé dans une catégorie spécifique, celle des troubles liés aux traumatismes et autres facteurs de stress, y compris les violences sexuelles.

Au Brésil, le viol et les autres formes d'agression sexuelle débouchent souvent sur un stress post-traumatique. Dans le cadre de la première étude épidémiologique visant à mesurer la prévalence de TSPT dans deux des plus grandes villes du pays, 3 744 personnes issues de différents niveaux socioculturels et couches socio-économiques de São Paulo et Rio de Janeiro ont été interrogées en 2007 et 2008. Les données analysées par la psychiatre Mariana Pires da Luz, chercheuse à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), ont révélé que 44% des victimes de viol et 49% des personnes ayant subi des abus sexuels au cours de leur enfance souffraient de ce trouble. Selon les résultats, publiés en 2016 dans la revue *Journal of Psychiatric Research*, ce pourcentage est juste inférieur aux 68% observés chez les rares personnes ayant connu la guerre. « Le traumatisme lié au viol semble avoir autant d'impact que celui vécu par ceux qui ont été dans les tranchées », explique Marcelo Feijó de Mello.

Deux réactions involontaires du corps permettent d'avoir une idée de l'intensité du traumatisme déclenché par la violence sexuelle. Au cours de l'agres-





sion, 63% des femmes participant au programme Prove ont manifesté une altération de la conscience qui les a momentanément coupées de la réalité. Cette réaction, connue sous le nom de dissociation, est une forme de défense psychologique. La conscience, face à une menace de mort, entre dans un état quasi onirique qui modifie la perception de la réalité, comme s'il s'agissait d'un rêve ou d'un cauchemar, et efface parfois de la mémoire certaines parties de ce qui s'est passé. Selon un article publié en juillet dans la revue *Journal of Interpersonal Violence*, les personnes ayant souffert de dissociation ont présenté par la suite un cadre plus sévère de TSPT.

Une analyse portant sur 29 de ces femmes a révélé que 72 % d'entre elles manifestaient un autre réflexe qui se produit en cas de peur extrême et appelé immobilité tonique. Dans des situations où la mort semble inévitable, une petite région du cerveau appelée amygdale, chargée de coordonner les réactions face à la peur, déclenche des signaux chimiques qui activent d'autres zones cérébrales et des tissus et conduisent à une paralysie musculaire. « Dans ces situations, la personne est même, en principe, éveillée, mais les muscles ne répondent pas et le corps peut présenter des signes d'analgésie. », explique le psychiatre Mauro Mendlowicz, de l'Université Fédérale Fluminense (UFF). « Vous avez beau vouloir crier ou vous enfuir, vous ne pouvez pas le faire », explique le chercheur carioca, membre d'une équipe pionnière dans l'identification de l'immobilité tonique chez les victimes d'événements traumatiques.

« Les femmes qui réagissent de cette manière sont très mal comprises lorsqu'elles s'adressent aux commissariats de police et même aux services de santé non spécialisés », constate Andrea Mello. « Ceux qui les accueillent estiment parfois à tort

qu'elles n'ont pas réagi parce qu'elles étaient d'accord, alors qu'en vérité vous n'avez aucun contrôle sur ces réactions de défense. »

Bien qu'elles soient victimes, ces femmes ressentent souvent de la culpabilité et une grande honte. C'est la raison pour laquelle beaucoup se refusent à demander de l'aide ou à signaler le problème aux autorités et à porter plainte contre ceux qui les ont agressées. « De nombreuses personnes que nous secourons vivent en périphérie, dans la même localité que l'agresseur », rappelle Mary Yeh, psychiatre du programme Prove. « Dans de nombreux cas, les agresseurs ont recommencé à les harceler et à les menacer même après avoir été dénoncés », dit-elle. D'autres sont traitées avec méfiance par ceux qui devraient les accueillir. C'est le cas d'une adolescente violée par un homme armé qui a été abandonnée dans un bois. Elle a été obligée de marcher nue pour trouver de l'aide et, dans un premier temps, ni les policiers qui l'ont prise en charge ni sa propre famille ne l'ont crue.

Les participantes à cette étude éprouvaient plus de difficultés à comprendre, à raisonner et à être attentives que les femmes et les adolescentes du même groupe d'âge qui n'avaient pas subi ce type de violence et qui ont servi de groupe témoin, comme le montre une évaluation faite par les neuropsychologues Adriana Mozzambani, Nathalia Emygdio, Fernanda Rodrigues Gomes et Tania Camargo. Cette baisse de performance était encore plus accentuée chez les femmes qui avaient également des problèmes de sommeil, a constaté M. Camargo. « On peut supposer que les femmes qui ont des capacités cognitives plus faibles évaluent moins bien les situations à risque et deviennent plus vulnérables », déclare M. Gomes.

La neuroscientifique Andrea Jackowski et la psychiatre Ana Carolina Milani ont également constaté, à l'aide d'images du cerveau en fonctionnement, que les adolescentes souffrant de TSPT manifestaient

LE TRAUMATISME LIÉ AU VIOL SEMBLE AVOIR AUTANT D'IMPACT QUE CELUI VÉCU PAR CEUX QUI ONT ÉTÉ DANS LES TRANCHÉES

une certaine désorganisation dans le fonctionnement d'un réseau cérébral appelé « réseau du mode par défaut », lié à la faculté d'une personne à se tourner vers son monde intérieur, à l'introspection et à se souvenir des événements importants de sa vie. Le problème semble être lié à une réduction de la connectivité entre les cellules de l'hippocampe, une région du cerveau liée à la mémoire. Dans un article publié cette année dans la revue *Neurobiology of Stress*, les chercheurs rapportent que grâce à des séances de psychothérapie, parfois avec l'utilisation d'antidépresseurs, les symptômes de ce trouble ont diminué et le fonctionnement de ce réseau cérébral est redevenu normal. « Un traitement de six mois a permis d'aider ces adolescentes à reprendre une vie quasi normale », affirme Ana Carolina Milani.

« Nous devons créer des stratégies efficaces à grande échelle dans le réseau de santé publique », rappelle M. Jackowski. L'une de ces stratégies pourrait concerner l'adoption d'une thérapie interpersonnelle. Ce type de psychothérapie vise à rétablir des liens de confiance entre ces femmes et ces jeunes filles et leurs proches et peut être appliqué en groupe. Un essai clinique portant sur 74 femmes a montré que la thérapie interpersonnelle était tout aussi efficace pour réduire les symptômes du TSPT que l'antidépresseur sertraline déjà utilisé dans le traitement du stress post-traumatique.

Les résultats obtenus jusqu'à présent par le groupe de l'Unifesp permettent également de penser qu'il est tout aussi important de traiter la souffrance psychologique que le sommeil. Les 74 participantes à cette étude ont rempli des questionnaires sur l'anxiété, la dépression et les troubles du sommeil, qui ont permis de dresser un bilan clinique de la qualité de leurs nuits de repos. Elles ont également été invitées à passer une nuit à l'Institut du sommeil de l'Unifesp, aussi bien lors de la première évaluation qu'un an plus tard, pour se soumettre à une polysomnographie, un examen permettant d'enregistrer

l'activité cérébrale, le rythme cardiaque et la respiration pendant leur sommeil. Elles remplissaient toutes plusieurs critères cliniques relatifs aux troubles du sommeil, tels que l'insomnie et les cauchemars liés à l'événement, selon une étude publiée en 2021 dans la revue *European Journal of Psychotraumatology*. Les données cliniques ont révélé qu'elles souffraient d'une insomnie plus grave et d'un sommeil de moins bonne qualité que les femmes du groupe témoin, bien que la polysomnographie n'ait identifié aucune différence dans le cycle de sommeil des deux groupes.

Après un traitement psychothérapeutique et l'usage de médication, celles qui continuaient à mal dormir souffraient davantage de symptômes de stress post-traumatique. « Un traitement centré sur le sommeil améliore non seulement le sommeil, mais aussi les symptômes du TSPT », affirme Yeh, coauteur de l'article. D'autres études, menées auprès de personnes souffrant de ce trouble, montraient déjà que celles qui présentaient le plus de symptômes dormaient moins bien, et qu'un sommeil de mauvaise qualité pouvait favoriser le développement de TSPT. « Il faut traiter les deux problèmes, car l'un influence l'autre », explique la neurologue Dalva Poyares, coordinatrice du volet sommeil du projet.

Des études portant sur le suivi d'un plus grand nombre de participants sur une plus longue durée seront nécessaires pour confirmer les effets constatés par l'équipe du programme Prove, comme par exemple pour déterminer si une inflammation persistante conduit effectivement à un vieillissement cellulaire précoce. Ces études pourraient permettre de découvrir des traitements plus efficaces qui, administrés précocement, éviteront la progression des troubles. « Nous devons mieux comprendre certains phénomènes », déclare Marcelo Feijó de Mello. « Nous devons améliorer l'accueil et la prise en charge de ces victimes par le système de santé et la sécurité publique et augmenter le nombre de services spécialisés ».

Un autre viol a été commis pendant que vous lisiez ce texte. ■

Projet

Stress post-traumatique et neuroprogression : Nouvelles approches pour comprendre l'effet de la violence sur le fonctionnement mental (n° 14/12559-5) ; Modalité Projet Thématique ; Chercheur responsable Marcelo Feijó de Mello (Unifesp) ; Investissement 2 967 600,56 reais BRL

Articles scientifiques

D'ELIA, A. T. *et al.* Increased immuno-inflammatory mediators in women with post-traumatic stress disorder after sexual assault: 1-year follow-up. *Journal of Psychiatric Research*. v. 15, p. 241-51. nov. 2022.
CARVALHO, C. M. *et al.* Shorter telomeres related to posttraumatic stress disorder re-experiencing symptoms in sexually assaulted civilian women. *Frontiers in Psychiatry*. 19 mai 2022.

Les différents articles scientifiques utilisés pour ce reportage sont consultables dans la version en ligne.

EN DÉFENSE DES PEUPLES INDIGÈNES

Démographe et anthropologue pionnière dans l'identification du phénomène de rétablissement de la population chez les indigènes brésiliens

Christina Queiroz et Maria Guimarães | PORTRAIT Léo Ramos Chaves

Dans les années 1990, alors que l'on pensait que les peuples indigènes étaient en voie d'extinction, la démographe et anthropologue Marta Maria do Amaral Azevedo a découvert que les peuples natifs de la région du Rio Negro, en Amazonie, vivaient une dynamique de rétablissement de leur population. Ses découvertes ont coïncidé avec des résultats similaires dans d'autres régions du Brésil et ont servi comme élément clé pour la formulation de politiques de santé publique et d'éducation pour les peuples autochtones.

Première femme à présider la Fondation Nationale de l'Indien (*Fundação Nacional do Índio - FUNAI*) en 2012, sa trajectoire a été marquée par une intersection constante, pas toujours harmonieuse, entre indigénisme, anthropologie et démographie. Dans cette institution, son objectif principal a été la lutte pour les droits des peuples autochtones, en particulier les Guarani-Kaiowá, avec lesquels elle a appris et développé des recherches et des actions indigénistes depuis les années 1980.

Menacée de mort plusieurs fois dès sa jeunesse, la chercheuse du Centre d'études démographiques Elza Berquó (Nepo) de l'Université d'État de Campinas (Unicamp) envisage avec inquiétude l'avenir des peuples indigènes du pays, mais aussi avec espoir. Au milieu de la résurgence de la violence contre ces peuples, Azevedo agit toujours en première ligne pour assurer le développement de nouvelles méthodologies de collecte dans le recensement démographique, qui, espère-t-elle, devrait apporter des nouvelles sur la cartographie des populations traditionnelles sur le territoire brésilien, principalement celles situées dans des zones les plus isolées. De plus, elle travaille sur des projets ayant pour but de sauvegarder la mémoire des peuples autochtones tout en cherchant à restituer les connaissances accumulées aux communautés avec lesquelles elle a travaillé au cours des dernières décennies. Azevedo a trois enfants et une petite fille et a accordé cette interview dans son appartement où elle vit seule.

ÂGE 67 ans

SPÉCIALITÉ

Anthropologie et démographie

INSTITUTION

Université d'État de Campinas (Unicamp)

FORMATION

2^e cycle (1978) à l'Université de São Paulo (USP) et Doctorat (2003) à l'Unicamp

PRODUCTION

Auteure d'articles et de livres sur la démographie, la sécurité alimentaire et la santé des femmes indigènes, en plus d'avoir contribué à inclure les peuples autochtones dans le recensement démographique



Comment voyez-vous les relations actuelles entre les Indigènes et les Blancs au Brésil ?

Le pays connaît un énorme racisme contre les non-Blancs, y compris les Noirs et les peuples autochtones. Le racisme contre les Indiens se traduit de deux manières. L'une d'entre elles résulte de l'époque coloniale et les voit comme des peuples égaux à la nature : ils sont naïfs, n'ont pas besoin d'entrer à l'université et, s'ils utilisent des téléphones portables, ils cesseront d'être des Indiens. Pendant longtemps au Brésil, on a estimé que les indigènes n'avaient pas la capacité de raisonner, qu'ils vivaient dans des sociétés simples et qu'ils étaient comme les enfants. Par conséquent, ils devaient être protégés par l'État. L'autre type de préjugé est à l'opposé : l'Indien est sauvage, assimilé à un animal. Tout cela est enraciné dans l'ignorance de la population. L'article 26-A de la loi fédérale n° 9394 de 1996 rend obligatoire l'étude de l'histoire et des cultures afro-brésiliennes et indigènes. Cependant, cette pratique n'est pas très répandue. Nous avons plus de manuels sur les Afro-Brésiliens que sur les peuples autochtones.

Quelles sont les conséquences de cette pratique ?

Après 2016, la violence contre les leaders autochtones a augmenté de façon exponentielle, tout comme l'invasion de leurs territoires. Les terres indigènes des Kaipó, qui ont toujours réussi à surveiller leur territoire, ont été envahies. Le Rio Negro, dans la région amazonienne, aussi. En terre yanomami, tout au début de l'année 2019, l'orpaillage a été autorisé et des viols, meurtres et massacres ont été dénoncés. Sur les terres des Munduruku, des orpailleurs sont entrés avec des bateaux miniers dont je n'aurais jamais imaginé l'existence. Ils ont la taille d'un stade de football et rejettent du mercure dans l'environnement à une vitesse et en une quantité effrayantes. La contamination de la région d'influence de la rivière Tapajós est énorme. L'arc de déforestation s'étend de plus en plus et a atteint maintenant l'Acre et le sud de l'Amazonie. Les préjugés se sont ajoutés aux intérêts économiques et, au cours du seul mois de septembre de cette année, nous avons enregistré le meurtre d'au moins 17 dirigeants indigènes. Sans parler du viol des filles. Le recensement de 2022, qui est désormais sur le terrain, devrait nous permettre d'avoir une idée du

nombre de personnes exécutées à la suite d'opérations minières. La mort de l'indigéniste Bruno Araújo Pereira et du journaliste britannique Dom Phillips dans la vallée du Javari, en juin de cette année, a eu lieu dans ce contexte de violence accrue.

Vous avez utilisé les termes « indien » et « indigène » pour parler de la situation actuelle de ces populations. Quelle est la bonne nomenclature ?

Pourquoi « indien » ? Parce que Cabral est arrivé ici en 1500 et pensait qu'il était arrivé en Inde. Par la suite, le terme *índio* (indien) a cessé d'être politiquement correct et on a décidé qu'il valait mieux utiliser « indigène »¹. Le mot autochtone signifie que vous êtes originaire de cet endroit. Utiliser le mot « indien » aujourd'hui est une gaffe, mais il n'est pas chargé de préjugés, malgré son origine coloniale. Aujourd'hui, le terme considéré comme le plus correct est celui de « peuples originaires », voulant dire « autochtones », mais je ne l'utilise généralement pas.

Pouvons-nous remonter le temps et parler de votre enfance ?

Nous vivions à l'intérieur de l'état de São Paulo, à São Carlos. Puis nous sommes arrivés à la capitale. Mon père était procureur et ma mère était licenciée ès Lettres. Elle connaissait plusieurs langues, mais elle était femme au foyer. Une influence très importante a été mon grand-père maternel, Afrânio Amaral, une personne hors du commun. Il était médecin, puis il est devenu directeur de l'Institut Butantan. Il m'a appris le grec et le latin quand je passais du temps chez lui. Lors d'un de ces voyages, j'ai trouvé une sorte de magazine, que j'ai encore aujourd'hui, avec des dessins d'Indiens de l'Amérique du Nord. J'avais environ 14 ans et je me suis intéressée au sujet. Des années plus tard, quand je suis allée vivre avec les Guarani, mon grand-père a appris à parler cette langue en un an pour parler avec moi. J'ai également étudié à la *Escola Livre Superior de Música* (École Libre Supérieure de Musique), à Higienópolis, quartier de la ville de São Paulo : je jouais de la flûte à bec, de

la clarinette et je chantais. Mon père ne le voulait pas, alors j'ai commencé à travailler à 15 ans et mon grand-père payait mes mensualités scolaires. J'ai récemment recommencé à jouer et à chanter.

Comment s'est passée votre entrée à l'université ?

J'ai étudié les sciences sociales à l'Université de São Paulo (USP), de 1974 à 1978. Le premier jour, je me souviens que l'un des professeurs, aujourd'hui célèbre, a déclaré : « Si quelqu'un est venu dans ce cours pour travailler avec l'anthropologie, oubliez cela, parce que les Indiens sont en train de disparaître ».

Cela vous a-t-il découragé ?

Non, ce n'est pas facile de me décourager.

Et que s'est-il passé ?

À la fin de mes études, j'ai toujours dit que je voulais travailler avec les Indiens, mais il y avait un très grand décalage entre les universitaires et les indigénistes. L'expression « travailler avec les Indiens » n'avait aucun sens. Ce qui était accepté, c'était d'étudier les Indiens. En 1976, j'ai regardé un documentaire sur les Guarani du Mato Grosso do Sul, à la fac. Le film avait été réalisé par l'anthropologue Rubem Ferreira Thomaz de Almeida (1950-2018). À la fin de la projection, Almeida a invité les étudiants intéressés à en savoir plus sur une initiative en cours avec les Guarani. Il s'agissait d'un projet lié à des anthropologues du Paraguay et financé par l'institution allemande Brot für die Welt (Pain pour le monde), qui soutient encore aujourd'hui des activités liées aux peuples autochtones du monde entier. Je finissais ma troisième année de faculté et j'ai rejoint le projet, en arrivant au village en janvier des vacances suivantes. J'ai suivi ma dernière année de 2^e cycle en faisant des allers-retours entre le Mato Grosso do Sul et São Paulo. Dans le cadre de cette initiative, Almeida et l'un de mes amis de la fac, Celso Aoki, concevaient un projet de jardin communautaire et voyageaient de village en village. Mais je voulais rester au même endroit, apprendre la langue et travailler avec les femmes. Quand je suis arrivée au village, il y a eu une journée entière de réunions ; c'est ainsi que font les Guarani. Ils ne parlaient qu'en guarani, me montraient du doigt et riaient. Ce n'est que plus tard que j'ai compris qu'ils discutaient pour savoir

qui adopterait la blanche. La famille qui m'a adoptée devait me nourrir, me loger et m'éduquer. J'étais une ignorante totale, je ne parlais pas leur langue. Un couple m'a acceptée et cette nuit-là j'ai déjà dormi chez eux. J'ai commencé à me rendre compte de notre immense ignorance. Le seul livre en anthropologie qui existait sur eux au Brésil était *Fundamental Aspects of Guarani Culture* [Les aspects fondamentaux de la culture Guarani], écrit par Egon Schaden (1913-1991).

Avez-vous fait beaucoup de gaffes ?

Oui, beaucoup. Il y avait une dame, qui était ma grand-mère, disons, qui évitait de me rencontrer quand j'allais aux champs ou à la petite rivière pour prendre mon bain. Elle disait que mes yeux étaient pleins de feu et que je brûlais beaucoup. Pendant toute une année, elle s'est cachée dans la brousse quand elle me voyait sur les sentiers, pour que nos yeux ne se croisent pas. Petit à petit, les Guarani m'ont élevée. Ils ont chargé une enfant, alors âgée de 7 ans mais aujourd'hui déjà grand-mère, de m'apprendre les bases du comportement. Au fil des mois, j'ai appris la langue et j'ai lu tout le matériel ethnologique disponible au Paraguay sur eux.

Êtes-vous mariée, avez-vous eu des enfants ?

En 1978, je me suis mariée, j'ai eu Laura et Francisco. Je vivais déjà avec les Guarani et les emmenais avec moi au village. Leur père pensait que c'était absurde, il pensait qu'après être devenue mère, je quitterais le travail. Mon deuxième mariage a été avec quelqu'un que j'ai rencontré dans un cours que je donnais au Conseil Missionnaire Indigène (Cimi). J'ai eu mon troisième enfant, João Pedro, qui ne m'a pas accompagnée au pays des Guarani, mais qui est allé beaucoup en Amazonie dans l'état d'Amazonas. Mon unique petite-fille, Luzia, est la fille de Francisco.

Lorsque vous avez commencé à emmener vos enfants au village guarani, votre acceptation dans la communauté a-t-elle changé ?

Oui. Quand j'ai amené Laura toute petite à Antonina, qui était ma mère-sœur indigène, elle a dit : « Laisse-la ici et je l'élèverai bien mieux que toi ». Laura rampait à peine lorsqu'elle est allée au village pour la deuxième fois, et elle est allée dans des endroits où elle ne pouvait pas aller. Vers le feu, par exemple. Alors ils ont creusé

¹ Note du Traducteur : le terme « indigène » en français est considéré péjoratif, tandis que son équivalent « indien » est plus accepté. Actuellement, on préfère les vocables « autochtone », « amérindien » ou « natif ». En portugais, on utilise plutôt « peuples originaires » pour définir « les peuples autochtones ».

un trou dans la cour pour qu'elle puisse y rester et apprendre à sortir et à marcher. Dans ce contexte d'enfant, un autre dialogue s'est ouvert auquel je n'aurais jamais eu accès autrement. En emmenant mes enfants, j'ai beaucoup appris sur la façon dont ils éduquent.

Avec les Guarani, vous avez fait un travail pionnier dans l'enseignement scolaire.

Après six mois au village, je parlais déjà un peu le guarani. Un jour, j'ai rencontré des femmes qui m'ont montré un cahier, un de ceux que l'enfant remplit pour apprendre à lire et à écrire, utilisé à l'école locale, au poste de la Funai. Mais elles me l'ont montré à l'envers ! Il y avait des figures de raisin, d'avion. Les femmes ont dit : « Nos enfants apprennent cela, mais nous ne savons pas ce que cela signifie en guarani ». Je me suis aperçue que même les dessins n'avaient aucun sens. Les mères et les enfants ne comprenaient pas leur contenu. Ils m'ont demandé de leur apprendre à lire et à écrire, comme aux enfants. D'abord en guarani, puis en portugais.

C'est donc à leur demande que l'éducation est devenue un thème de votre travail ?

Oui. J'ai travaillé dans l'enseignement scolaire pour le reste de ma carrière. Ce poste de la Funai avait une petite maison en bois avec un sol en ciment battu, une petite fenêtre, un tableau noir et un tas de bureaux à moitié cassés, mangés par des cafards. C'était l'école, ce qui n'avait aucun sens pour eux. J'ai tout enlevé, j'ai ouvert les fenêtres et nous nous sommes assis par terre. Mais le sol était glacé. Nous avons commencé à casser le ciment pour en faire un sol en terre, afin de pouvoir allumer des feux, car il faisait très froid. Cependant, j'ai compris que j'étais trop ignorante pour enseigner aux enfants. Ils m'ont posé des questions auxquelles je ne savais pas comment répondre. Les Guarani-Kaiowá connaissent les êtres invisibles, par exemple, et je ne savais pas travailler cela.

Le guarani est-il une langue orale ?

Ils utilisaient une symbologie graphique. Par exemple, lorsqu'ils dessinaient une sorte d'étoile, cela signifiait qu'il y avait du bois de chauffage. Ils s'appuyaient sur des symboles pour les arbres et les êtres. Du côté paraguayen, les linguistes avaient déjà transcrit la langue guarani dans l'alphabet occidental. J'y ai passé un mois et demi pour apprendre la langue écrite et j'ai compris qu'il fallait

former des professeurs Guarani-Kaiowá au Brésil, pour l'enseigner aux enfants. En 1979, nous avons organisé la première réunion nationale sur l'éducation scolaire autochtone à São Paulo, financée par la Fondation Ford, avec la participation de la Commission pro-indienne du Département des sciences sociales de l'USP, et des institutions telles que le Cimi et la Funai.

Jusqu'à quand êtes-vous restée au village ?

Jusqu'en 1991. J'y restais six mois, puis je retournais à São Paulo quelques mois, et ça a été comme ça pendant ces années. À cette époque, dans le Mato Grosso do Sul, la déforestation et l'installation de propriétés agricoles avaient lieu. Installer une ferme, c'est utiliser deux énormes tracteurs avec une chaîne qui abat tout sur son passage. Lorsque les éleveurs (les fermiers) tombaient sur des communautés indigènes, ils appelaient la Funai pour les expulser de la terre. Sa mission était de faire évacuer les habitants et de les placer dans des réserves que le maréchal Rondon (1865-1958) avait délimitées au début du XX^e siècle. L'une d'entre elles était à Taquaperi, où j'habitais. Des familles entières y arrivaient venant d'ailleurs. Cela a commencé à générer beaucoup de conflits dans la région et beaucoup de ces familles ont fui. Comme je parlais guarani, la Funai m'a demandé de retrouver les expulsés. Ils étaient renvoyés, restaient dans des campements en bordure de route ou dans des



Des orpailleurs sont entrés sur les terres des Munduruku avec des bateaux miniers de la taille de stades de football

réserves surpeuplées. Être Guarani, c'est une manière d'être particulière. Vous n'êtes jamais en colère contre quelqu'un, vous ne criez jamais, vous ne levez jamais le ton. En raison de cette manière d'être, ils n'ont pas réagi violemment aux expulsions, d'autant plus qu'on leur avait dit qu'ils pourraient revenir plus tard. Leurs maisons ont été incendiées et ils ont été mis dans des camions. De nombreux suicides ont eu lieu à cette époque, y compris des jeunes.

Et comment s'est déroulée votre vie universitaire après cette expérience ?

Je suis entrée en master à l'USP en 1982, pendant que je vivais encore chez les Guarani. Je voulais étudier ce que je vivais et les anthropologues de troisième cycle voulaient que j'écrive une dissertation théorique, quelque chose qui ne m'intéressait pas. Je suis alors retournée au village et, quand je suis revenue à São Paulo, j'ai découvert que ma directrice de recherche m'avait retirée du programme. Je m'en fichais, parce que je pensais que la vie universitaire n'était pas faite pour moi.

Quand le point de vue de l'université sur les peuples autochtones a-t-il commencé à changer ?

En 1988, avec l'Assemblée constituante, une nouvelle ligne théorique a commencé à se développer en anthropologie. Selon ce courant, les Indiens n'allaient pas disparaître, comme l'avaient prédit d'anciens intellectuels. Des anthropologues tels que Manuela Carneiro da Cunha et Eduardo Viveiros de Castro ont joué un rôle de premier plan dans ce processus. Ils ont commencé à soutenir l'idée que la culture implique les mécanismes par lesquels les gens entrent en contact avec les autres et changent. Cependant, même avec ce contact, ils ne cessent pas d'être ce même peuple.

Comment vous êtes-vous approchée de l'Unicamp ?

En 1990, j'ai participé à une réunion d'enseignants indigènes à Manaus et ils m'ont invitée à aller dans le haut Rio Negro. Ils savaient déjà lire et écrire et voulaient apprendre à élaborer des projets pour obtenir des financements et faire un recensement démographique. Ils étaient en train de délimiter des terres et le gouverneur de l'état d'Amazonas à l'époque a déclaré qu'il n'y avait que 3 000 Indiens dans la région alors que le Cimi parlait déjà de 30 000. Des anthropologues travaillant

dans la région prétendaient qu'il n'était pas possible de faire un recensement, mais je pensais que c'était parfaitement faisable. Je ne connaissais rien en démographie, mais je suis allée à l'Unicamp et j'ai parlé à Maria Coleta de Oliveira, qui est devenue plus tard ma directrice de thèse. C'est une anthropologue démographe qui n'avait jamais travaillé avec les autochtones, mais qui était visionnaire et persuadée qu'il était possible de faire un recensement. En 1992, nous avons élaboré un questionnaire simple. Nous l'avons ensuite ronéotypé et effectué le recensement en partenariat avec des enseignants indigènes de cette région. Nous avons visité 300 villages indiens et recensé plus de 20 000 personnes vivant sur le cours supérieur du Rio Negro.

C'est ainsi que vous êtes devenue démographe ?

Oui. Lorsque nous avons terminé le recensement, nous avons constitué une base de données déjà numérisée. Nous avons emmené le premier ordinateur à Rio Negro. Il s'agit d'une zone frontalière. À notre arrivée, plusieurs institutions sont apparues, telles que des organisations non gouvernementales et des militaires, demandant l'accès à notre base de données. L'armée voulait connaître tous les emplacements des villages de la région. J'ai dit : « La base de données appartient à la Fédération des organisations indigènes du Rio Negro ». Après cela, j'ai commencé un doctorat en démographie à l'Unicamp. Pour ma thèse, j'ai commencé à parcourir les communautés du Rio Negro.

C'est alors que vous avez découvert la croissance démographique des Indiens ?

Ma soutenance de thèse a été difficile. J'avais identifié que le nombre moyen d'enfants par femme, sur le Rio Negro, était de sept. À cette époque, le nombre moyen d'enfants par femme au Brésil était de deux. Maintenant, il est de 1,1. Autrement dit, je disais que le nombre moyen d'enfants par femme parmi les peuples autochtones était beaucoup plus élevé que la moyenne du pays et, par conséquent, qu'ils connaissaient une reprise démographique. J'ai été la première à le dire. Les démographes n'y croyaient pas et m'ont beaucoup critiquée. Heureusement, il y avait deux anthropologues présents dans le groupe de travail qui observaient le même phénomène sur les fleuves Negro et Xingu et qui m'ont soutenue. Jusque-là, l'opinion

dominante affirmait qu'ils diminueraient en nombre jusqu'à leur extinction.

Comment vos découvertes ont-elles affecté la formulation des politiques publiques ?

Après avoir montré que les peuples autochtones étaient en voie de rétablissement démographique, d'autres chercheurs ont commencé à identifier le même phénomène dans des régions comme le Xingu, par exemple. La Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes (CEPALC) m'a invitée à plusieurs réunions et séminaires, où nous avons analysé des données et discuté des profils et de la dynamique démographique des peuples autochtones d'Amérique latine et des Caraïbes. Nous avons conclu que le phénomène de rétablissement de la population se produisait dans toute la région. Sur la base de ces résultats, en 2001, avec l'Association brésilienne d'études démographiques (Abep), nous avons créé un comité de démographie indigène. La dynamique démographique des peuples autochtones au Brésil était complètement inversée par rapport à celle du reste de la population. Alors que la fécondité brésilienne diminuait, la fécondité indigène augmentait. On a commencé à donner plus de visibilité à cela, à penser à des



À la manière
guarani, on
ne crie
jamais devant
personne. Pour
cette raison, ils
ne réagissent
jamais
violemment
aux expulsions

politiques publiques. Il est nécessaire de prendre en compte ces données pour calculer les besoins en médicaments, infirmiers, centres de santé et écoles.

En 2012, vous étiez la première présidente de la Funai.

Depuis le début des années 1990, je travaillais comme consultante auprès des ministères de l'Éducation et de la Santé sur des questions concernant l'éducation et la santé des autochtones. En 2012, j'ai été invitée à assumer la présidence de la Funai. Quand ils m'ont appelé, j'ai demandé : « Mais combien de personnes avez-vous invitées ? ». J'ai découvert que j'étais la septième. Personne ne voulait être président de la Funai, car personne ne savait quoi faire des Indiens. J'ai accepté, parce que je suis indigéniste, alors je me sentirais chez moi. Quand j'ai assumé mes fonctions, j'ai parlé à tous les employés. C'était la première année que la Funai mettait en œuvre l'intégralité de son budget, c'était un travail difficile. Ce n'est pas parce qu'une personne est anthropologue ou indigéniste qu'elle est forcément douée pour mettre en œuvre des politiques publiques. Ce sont des qualités différentes. Il faut organiser le travail de façon que les gens se sentent engagés. Par exemple, les écoles indiennes ne peuvent pas être construites en ciment. Il est illogique de transporter du ciment à 500 kilomètres au-dessus de la ville de São Gabriel da Cachoeira, de l'autre côté du Rio Negro, cela fait trop monter le prix. Par conséquent, il vaut mieux construire des écoles en bois avec une bonne durabilité et écologique, en tuile ou en paille, des matériaux que l'on trouve dans les communes ou non loin de celles-ci. En d'autres termes, si vous ne connaissez pas le Brésil et l'administration publique, même si vous êtes un bon anthropologue ou indigéniste, vous ne pouvez pas être un bon président de la Funai. Je suis restée un peu plus d'un an à la présidence. J'ai eu beaucoup de difficultés avec les anthropologues et aussi avec le gouvernement, qui n'a pas autorisé à réaliser ce que je pensais qu'il était nécessaire de faire. Ma santé a également été affectée.

Pensez-vous que la présence autochtone au conseil d'administration de la Funai serait une garantie d'une bonne gestion ?

Tout comme être une femme ne garantit pas d'être féministe, être autochtone n'assure pas d'être un bon ou une bonne indigéniste. Je ne pense pas que ce soit une bonne idée de définir qu'ils peuvent être

les seuls employés de la Funai. C'est la première leçon : ça ne sert à rien de connaître l'anthropologie, l'ethnologie, si on ne sait pas ce qui se passe réellement ou qui fait quoi. Je pense que c'est très bien que les Indiens veuillent prendre le contrôle de la Funai, mais il faut savoir que cela va exiger beaucoup de travail et qu'ils vont devoir beaucoup compter sur les indigénistes.

Comment va la Funai actuellement ?

La fondation a été militarisée et également remise aux missionnaires fondamentalistes évangéliques qui veulent civiliser les Indiens et « faire sortir le diable du corps » des cultures indigènes. Elle utilise très peu son budget. Malgré cela, elle dispose de très bons indigénistes techniques, qui sont des candidats récents, comme ce fut le cas de Bruno, qui a été assassiné. Avant, il y avait 800 employés, mais beaucoup ont pris leur retraite. Il est donc nécessaire d'ouvrir davantage d'appels d'offres et de former du personnel, notamment dans le domaine de la gestion environnementale et territoriale, mais aussi créer des projets d'économie circulaire. Une tâche très peu réalisée par la fondation est l'incitation à diffuser la culture autochtone auprès des écoles non autochtones.

Qu'attendre du prochain recensement ?

Le recensement de 1991 n'a pas couvert les communautés éloignées du Rio Negro, seulement les villes. Je faisais partie de la Commission de la société civile du recensement lorsque j'ai commencé à me battre pour l'inclusion de la question autochtone dans les secteurs de recensement qui coïncidaient avec les terres autochtones. Par la localisation, en 2010, l'agent recenseur a commencé à avoir accès aux questions sur la langue et l'ethnicité. Dans le recensement en cours, il y a un questionnaire par communauté autochtone. Lors du recensement de 1991, 180 personnes ont été identifiées. Après, on en a cartographié 305. Je pense qu'actuellement on en atteindra 400.

Quelle est votre activité principale maintenant ?

Je suis chercheuse au Nepo depuis 2005. J'ai réussi un concours après avoir terminé mon doctorat, en 2003. Je travaille dans la recherche-action : recherche et intervention sociale. Ces dernières années, j'ai participé au comité technique du recensement de l'IBGE (Institut brésilien de géographie et de statistique)



Je ne vais jamais oublier la marque de cette machette sur mon cou. Tout indigéniste au Brésil subit ce type de violence

en tant que responsable des *quilombolas*, que j'ai dû commencer à étudier. J'ai organisé mes enregistrements de chant, revu des photos et je vais leur rendre en organisant des expositions et d'autres activités. Je suis également membre du conseil consultatif du Fonds des Nations Unies pour la population au Brésil, du conseil d'administration de l'Instituto Socioambiental et je suis coordinatrice du groupe de travail Démographie des peuples autochtones de l'Abep.

Comment avez-vous vécu la pandémie ?

J'ai un déficit immunitaire. Le médecin ne sait pas si c'était le résultat d'un grand nombre de cas de paludisme ou si c'était d'origine génétique. Donc, la pandémie a affecté ma vie sociale, car je ne peux toujours pas aller dans des endroits avec beaucoup de monde. Je ne peux pas prendre de risques, ça ne sert à rien de me vacciner car mon système immunitaire ne peut pas construire de défenses. Je ne vois que mes enfants et j'embrasse ma petite-fille avec un masque. Elle aura 6 ans. Au cours de la première année de la pandémie, sans vaccin, j'ai perdu de nombreux amis autochtones âgés. Aujourd'hui, je fais beaucoup de choses via WhatsApp. Nous avons formé une organisation ap-

pelée União Amazônia Viva, à l'initiative du photographe Sebastião Salgado. Je suis amie d'Expedicionários da Saúde, une organisation non gouvernementale de médecins de Campinas qui travaille dans les urgences et s'est organisée pour travailler avec la santé indigène. En partenariat avec des médecins qui travaillaient en terres indigènes, comme le programme Xingu de l'Unifesp (Université fédérale de São Paulo) et le Secrétariat spécial pour la santé indigène du ministère de la Santé, ils ont installé des ensembles de réseaux avec de l'oxygène. J'ai passé l'année 2020 impliquée dans ce projet. Il fallait faire un confinement dans les villages et il n'y avait pas de nourriture, j'ai donc aussi aidé à organiser le don de paniers alimentaires de base.

Dans votre trajectoire aux multiples facettes, avez-vous eu peur face à quelque situation ?

Plusieurs fois. Lorsque je vivais dans le village de Taquaperi, dans les années 1980, le projet sur lequel je travaillais possédait une maison dans la ville d'Amambai, à 30 km. Une fois tous les trois mois environ, j'allais en ville. Un jour, très tôt le matin, je me suis réveillée et j'allumais le poêle à bois pour faire mon maté. J'ai entendu un bruit à la porte d'entrée, qui n'était pas verrouillée, et j'ai vu un fermier soudainement ouvrir la porte d'entrée, une machette à la main. Il a mis la machette sur mon cou et a dit : « Vous, les anthropologues, vous n'avez aucune idée dans quoi vous vous embarquez ». Je n'oublierai jamais la marque de machette sur mon cou. Il a sorti son pistolet sans me faire mal, mais j'étais terrifiée. Avant, j'avais déjà subi des menaces de viol par des camionneurs alors que j'attendais le bus sur le bord de la route. Mais je portais du gaz poivré, je l'ai utilisé sur eux et j'ai réussi à m'enfuir. Lorsque j'étais présidente de la Funai, j'ai également reçu beaucoup de menaces par téléphone et j'ai été intimidée par des visiteurs inattendus qui se sont présentés dans mon bureau. Tous ceux qui sont indigénistes au Brésil subissent ce type de violence à un moment donné. Les orpailleurs sont entrés avec des radeaux miniers de la taille d'un stade de football sur les terres de Munduruku. À la manière guarani, on ne crie jamais devant personne. Pour cette raison, ils ne réagissent jamais violemment aux expulsions. Je ne vais jamais oublier la marque de cette machette sur mon cou. Tout indigéniste au Brésil subit ce type de violence. ■

INFORMATIQUE

DEEPFAKE

Un algorithme détecte des images et des vidéos modifiées grâce à l'intelligence artificielle, la nouvelle étape technologique au service de la désinformation

Sarah Schmidt

En septembre, une vidéo contrefaite du *Jornal Nacional* (Journal National), principal programme d'information de la chaîne de télévision Globo, a fait le tour des réseaux sociaux. Dans cette vidéo, les présentateurs William Bonner et Renata Vasconcellos présentaient les résultats d'un sondage relatif aux intentions de vote pour la Présidence, mais les données des candidats étaient inversées, tant sur les graphiques que dans les commentaires des présentateurs. Le lendemain, la chaîne d'information a apporté un démenti en signalant que la vidéo avait été utilisée dans le but de désinformer la population et qu'il s'agissait d'un deepfake, une technique qui fait appel à l'intelligence artificielle pour remanier en profondeur un contenu numérique. Il est ainsi possible, par exemple, de modifier numériquement le visage d'une personne ou de reproduire sa voix, en lui faisant faire ce qu'elle n'a pas fait ou dire ce qu'elle n'a pas dit.

Au mois d'août, une autre vidéo du *Jornal Nacional* qui manipulait également les résultats d'un sondage pour la Présidence avec un montage similaire, a été publiée sur le réseau social TikTok et a atteint 2,5 millions de vues, selon le projet Comprova, une initiative regroupant des journalistes issus de 43 médias brésiliens en matière de fact-checking. « Il est possible qu'une méthode de deepfake ait été utilisée dans ces vidéos, mais il faudrait procéder à une analyse plus approfondie. Le plus important pour nous est de savoir qu'elles sont fausses », observe l'informaticien Anderson Rocha, directeur de l'Institut Informatique de l'Université Publique de Campinas (Unicamp), où il coordonne le Laboratoire d'Intelligence Artificielle (Recod.ai). Le chercheur étudie des manières permettant d'identifier des falsifications

malveillantes de photos et de vidéos, y compris de deepfakes, également appelées médias synthétiques.

Au mois de mars de cette année, peu de temps après le début de la guerre entre la Russie et l'Ukraine, le président ukrainien Volodymyr Zelensky a été victime d'un deepfake. Une vidéo où il demandait aux Ukrainiens de déposer les armes et de rentrer chez eux comme si le pays allait se rendre, a circulé sur les réseaux sociaux, obligeant Facebook et YouTube à la supprimer après avoir constaté qu'il s'agissait d'une contrefaçon. Sur les images, le visage du président apparaissait sur un corps qui bougeait à peine et vêtu d'un T-shirt vert.

Dans certains cas, comme pour les vidéos du *Jornal Nacional*, il est très facile de se rendre compte qu'elles ont été modifiées car les informations originales sont facilement vérifiables. Mais ce n'est pas toujours le cas. Confronté aux médias synthétiques, le dicton « il faut le voir pour le croire » perd tout son sens, et l'intelligence artificielle peut aussi devenir une alliée.

« Généralement, les vidéos synthétiques sont conçues en deux temps, tout d'abord en utilisant une plateforme deepfake pour changer le visage ou synchroniser la bouche, puis en réalisant un montage à l'aide de logiciels d'édition vidéo », explique Anderson Rocha. Les personnes qui savent quoi chercher détectent généralement une faille dans le programme utilisé pour produire le trucage, comme un jeu de lumières différent ou un contraste entre la vidéo originale et le nouveau visage qui a été inséré.

C'est comme si l'on découpait un visage sur une photo et qu'on le plaçait sur une autre où l'incidence de la lumière et la photo capturée par l'appareil photo sont différentes. Ces traces sont autant d'indices détectés grâce aux techniques de l'informatique légale, un domaine de recherche qui a pris de

l'ampleur ces dernières années et dont Anderson Rocha fait partie.

Le chercheur a mis au point, en collaboration avec des collègues de l'Université de Hong Kong, un algorithme permettant de détecter simultanément une éventuelle manipulation des visages et, le cas échéant, de localiser les régions modifiées. Il peut s'agir, par exemple, du visage entier ou seulement de la bouche, de la région des yeux ou des cheveux. « Le taux de réussite moyen a été de 88% pour les vidéos à faible résolution et de 95% pour les vidéos à haute résolution », explique Anderson Rocha. Pour ce faire, ils ont testé un échantillon de 112 000 visages dont une moitié était réelle et l'autre manipulée à l'aide de quatre logiciels de deepfake. La méthode révèle également si l'image a été créée de toutes pièces, et non à partir d'une photographie existante. Les résultats ont été publiés en avril 2022 dans la revue *Transactions on Information Forensics and Security*.

Selon l'informaticien, les nouveaux algorithmes qui permettent de détecter des traces de manipulation dans les deepfakes se basent principalement sur les indices laissés par des logiciels plus connus et qui correspondent à deux catégories, ceux qui permettent de changer les visages et ceux qui permettent de modifier les expressions faciales. L'un de ces logiciels est réputé pour présenter des défauts dans la synchronisation de la bouche, l'algorithme est alors programmé pour rechercher cette erreur spécifique. « Ceci est problématique car si nous ne connaissons pas le logiciel de deepfake utilisé, ces traces seront difficilement détectables et de nouveaux logiciels apparaissent tous les jours », observe Anderson Rocha.

Anderson Rocha et ses collègues ont donc entraîné leur nouvel algorithme à détecter des traces sans avoir à connaître le logiciel qui produit le deepfake. « Nous partons de l'idée que, quel que soit le programme, il va laisser un bruit, un élément qui ne correspond pas au reste de l'image ». La méthode opère sur deux fronts en recherchant des signatures de bruit, c'est-à-dire, des changements subtils dans le contour du visage, par exemple, et en identifiant la signature

sémantique, qui peut être une anomalie au niveau de la couleur, de la texture ou de la forme. « L'algorithme automatise le travail que ferait un spécialiste et qui consiste à détecter des anomalies, comme des contrastes de lumière », dit-il. « La prochaine étape sera de le tester avec des vidéos manipulées par un plus grand nombre de logiciels afin de confirmer son efficacité ».

Ce type d'algorithme de détection peut être utilisé à des fins diverses, telle la lutte contre l'utilisation malveillante de deepfakes. Anderson Rocha fait partie d'un projet international, appelé Semantic Forensics, aux côtés de chercheurs des universités de Sienne, de l'École Polytechnique de Milan, en Italie, et de Notre-Dame, aux États-Unis, avec le soutien du Département Américain de la Défense. L'objectif est de développer des outils automatisés qui détectent ces contrefaçons. « Nous avons déjà vu des cas de vidéos modifiées relatives à des exercices militaires de certains pays qui multipliaient leur nombre de missiles pour étaler leur puissance militaire », dit-il.

Ces algorithmes peuvent également se révéler utiles dans les cas de deepfakes politiques, comme dans l'épisode du président ukrainien, ou même de deepfakes pornographiques. C'est à partir des films pornographiques que cette méthode s'est fait connaître, fin 2017. À l'époque, certains internautes ont commencé à insérer des visages de célébrités dans des scènes de films à caractère sexuel. En septembre 2019, 96% des deepfakes répertoriés sur internet concernaient des contenus pornographiques non consentuels, selon une enquête de DeepTrace Labs, une entreprise de cybersécurité néerlandaise. Les principales victimes étaient des femmes, principalement des actrices, mais il y avait également des personnes qui n'étaient pas connues. La chanteuse Anitta a également été victime d'un deepfake pornographique au mois de juillet de cette année. La vidéo originale avait déjà été utilisée pour produire des images contrefaites utilisant le visage de l'actrice Angelina Jolie.



Dans une vidéo contrefaite, le président ukrainien Volodymyr Zelensky a appelé ses compatriotes à déposer les armes

IL EST POSSIBLE DE CHANGER LE VISAGE D'UNE PERSONNE OU D'IMITER SA VOIX EN LUI FAISANT DIRE CE QU'ELLE N'A PAS DIT

Le Brésil est déjà victime de deepfakes et il est nécessaire de les démentir, selon la journaliste Cristina Tardaguila, directrice de programme du Centre International des Journalistes (ICFJ) et fondatrice de l'Agence Lupa, spécialisée dans la vérification de faits. Les programmes permettant de détecter les médias synthétiques peuvent être des alliés précieux pour les journalistes et les vérificateurs de faits

qui travaillent contre la montre. « Quand on a affaire à de fausses informations, il faut être rapide. Il faut donc investir davantage dans l'intelligence artificielle, dans des outils qui permettent de détecter et de répertorier plus rapidement ces faux contenus. Nous parviendrons ainsi à écourter le délai entre la propagation de la contrefaçon et le résultat du fact-checking », explique-t-elle.

« Les deepfakes sont le summum des fake news. Ils peuvent tromper plus facilement, car s'il s'agit d'une vidéo, la personne regarde cette scène », observe la journaliste Magaly Prado, qui suit une formation postdoctorale à l'Institut d'Études Avancées de l'Université de São Paulo (IEA-USP). « Le format audio peut également être créé de manière artificielle », dit-elle. Elle est également l'auteur du livre *Fake news et intelligence artificielle : le pouvoir des algorithmes dans la guerre de la désinformation*, publié en juillet par Edições 70.

Elle estime que les deepfakes strictement audio, même s'ils sont moins connus et moins courants, peuvent facilement se propager sur des plateformes telles que WhatsApp, un média largement utilisé par les Brésiliens. Ils suivent une logique semblable à celle des vidéos, car avec des logiciels chaque fois plus accessibles et performants, il est possible de simuler la voix de quelqu'un. Les principales victimes sont des personnalités publiques, dont la voix est largement disponible sur Internet. Cette technique peut également être utilisée dans le cadre d'escroqueries financières. « Il y a déjà eu des cas comme celui d'un employé d'une entreprise technologique qui avait reçu un message vocal d'un cadre supérieur lui demandant un transfert d'espèces. Il a toutefois eu des soupçons et le message a été ensuite analysé par une entreprise spécialisée. Il s'est alors avéré qu'il s'agissait d'un message élaboré à l'aide d'une intelligence artificielle », explique-t-il.

Le journaliste Bruno Sartori, directeur de la société FaceFactory, explique que produire des deepfakes bien faits, tant audio que vidéo, n'est pas pour autant si simple. Son entreprise produit des médias synthétiques à usage commercial et

fournit des contenus pour des émissions humoristiques sur les chaînes de télévision Globo et SBT.

Il a travaillé en 2021 sur une publicité pour Samsung dans laquelle la présentatrice Máisa, déjà adulte, interagissait avec sa version d'elle-même étant enfant. Cette vidéo a été produite avec des techniques de deepfake montrant une petite fille virtuelle dansant, jouant et lançant un ordinateur portable vers le haut. À un autre moment, il a dû insérer le visage d'un acteur sur celui d'un cascadeur. « Pour bien entraîner une intelligence artificielle, il faut avoir une bonne banque d'images et de sons de la personne que l'on souhaite imiter. Les bons logiciels permettant un traitement de haute qualité doivent également disposer de paramètres avancés. Dans le cas contraire, des défauts visibles peuvent apparaître sur le visage ou, dans le cas de l'audio, une voix robotique », explique-t-il.

Selon lui, les vidéos du faux sondage du *Jornal Nacional* n'ont pas été modifiées à l'aide d'une intelligence artificielle. D'après son analyse, elles ont fait l'objet d'un montage classique, en coupant et en inversant l'ordre des audios. « Il s'agit de *shallowfakes*, mais comme ils sont bien faits, ils peuvent facilement tromper les gens », déclare Bruno Sartori. Il estime que d'ici quelques années, ces programmes seront plus légers, plus intelligents et plus accessibles.

Il y a plusieurs moyens de se protéger de la désinformation numérique. L'un d'entre eux est de se renseigner sur les licences d'utilisation et sur le niveau de confidentialité des applications gratuites les plus diverses utilisées au quotidien, comme celles qui sollicitent un accès aux photos de l'utilisateur pour produire des effets amusants, ou celles qui peuvent enregistrer sa voix. Selon Anderson Rocha, de l'Unicamp, de nombreuses applications stockent une grande quantité de données qui peuvent être partagées à d'autres fins, comme pour l'entraînement de logiciels de deepfakes.

L'éducation aux médias est un autre aspect essentiel. « Bien qu'il y ait de nombreux logiciels qui nous permettent de déceler les contrefaçons, la première chose à faire est de se méfier de ce que l'on reçoit sur les réseaux sociaux. Il faut également vérifier les sources d'information et se renseigner à leur sujet », conclut-il. ■

Projet

Déjà vu : Cohérence temporelle, spatiale et caractérisation des données hétérogènes pour l'analyse et l'interprétation de l'intégrité. (N° 17/12646-3) ; Modalité Projet Thématique ; Chercheur responsable Anderson Rocha ; Investissement 1 912 168,25 reais BRL.

Article scientifique

KONG, C. *et al.* Detect and locate: Exposing face manipulation by semantic- and noise-level telltales. *Transactions on Information Forensics and Security*. v. 17. avr. 2022.

Livre

PRADO, M. *Fake news et intelligence artificielle : Le pouvoir des algorithmes dans la guerre de la désinformation*. São Paulo : Edições 70, 2022.

ASTROPHYSIQUE

Représentation
artistique du
GMT sur son site
d'exploitation

NOUVEL INVESTISSEMENT DANS LE TÉLESCOPE GÉANT

Le consortium international GMT reçoit une contribution
supplémentaire de 205 millions de dollars US ;
La FAPESP participe avec 5 millions de dollars US

Marcos Pivetta

Après le lancement du télescope spatial James Webb – successeur de Hubble, en service depuis plus de 32 ans – à la fin de l'année dernière, la prochaine avancée majeure en termes d'instrumentation pour l'étude de l'Univers devrait avoir lieu d'ici la fin de cette décennie : l'entrée en service des télescopes terrestres géants, avec des miroirs de plus de 20 mètres de diamètre et une capacité d'observation 200 fois supérieure à celle des équipements en fonctionnement partout sur la planète. Trois consortiums internationaux gèrent, actuellement, des projets qui s'élèvent à des milliards de dollars US en télescopes géants, dont deux dirigés par des institutions américaines, le Giant Magellan Telescope (GMT) et le Thirty Meter Telescope (TMT), et un par l'Observatoire Européen Austral (ESO), l'Extremely Large Telescope (ELT).

Début août, le groupe qui coordonne le GMT, dont la FAPESP est l'un des partenaires fondateurs depuis 2014, a annoncé l'obtention de 205 millions de dollars US supplémentaires pour le projet. Ce montant sera utilisé pour accélérer le processus de construction du télescope géant, qui aura un miroir principal d'environ 25 mètres de diamètre et fonctionnera à l'observatoire Las Campanas dans le désert d'Atacama au Chili. Plus précisément, ce montant sera destiné à trois tâches principales: la construction de la structure du télescope géant, d'une hauteur équivalente à un immeuble de 12 étages, par la société américaine Ingersoll Machine Tools ; la poursuite de la production des sept miroirs primaires de 8m40, sous la responsabilité de l'Université de l'Arizona, qui fonctionneront ensemble comme s'il s'agissait d'un seul miroir plus grand ; et la fabrication de l'un des spectrographes qui seront installés sur le GMT. Les spectrographes sont des équipements qui captent la lumière et la séparent en différentes couleurs (fréquences). Il s'agit d'un processus qui permet d'analyser la composition chimique du corps céleste d'où provient la radiation. Avec cette contribution supplémentaire, le GMT a jusqu'à présent obtenu environ 800 millions de dollars US, soit environ 80% de son budget initial.

Le nouvel investissement a été réalisé par six partenaires de l'initiative : l'Institut Carnegie aux États-Unis, les universités nord-américaines de Chicago, de l'Arizona, au Texas (à Austin) et de Harvard, ain-



Un des miroirs du télescope géant en construction à l'Université de l'Arizona

si que la FAPESP, qui avait déjà investi 40 millions de dollars dans le télescope géant et a rajouté 5 millions de dollars US supplémentaires. « Cette contribution financière complémentaire est arrivée à un moment très important, nous permettant de continuer à progresser dans la production de miroirs, du dôme et de l'instrumentation », a déclaré l'astrophysicienne Claudia Mendes de Oliveira, de l'Institut d'Astronomie, de Géophysique et des Sciences Atmosphériques de l'Université de São Paulo (IAG-USP), représentante de la FAPESP au conseil d'administration des directeurs du GMT.

RÉSOLUTION ACCRUE

Le télescope géant collectera une zone de lumière 10 fois plus grande et aura une résolution spatiale quatre fois supérieure à celle du James Webb, considéré actuellement comme l'instrument d'observation le plus avancé. Avec une meilleure résolution spatiale, le GMT sera en mesure d'identifier des objets encore plus éloignés ou très peu lumineux. Ses principaux objectifs scientifiques seront l'étude de l'atmosphère des planètes ayant le potentiel d'abriter la vie, la formation de l'Univers et de ses premières galaxies, et les énigmes entourant les mystérieux objets célestes tels que les trous noirs, et la nature de la matière noire et de l'énergie noire.

En principe, les astrophysiciens de São Paulo devraient disposer d'environ 4% du temps d'utilisation du télescope géant. « La contribution totale de chaque partenaire par rapport au coût final du projet affectera la fraction de la répartition du temps entre les partenaires », explique l'astrophysicien Laerte Sodré, également de l'IAG-USP, qui coordonne, avec Clau-

dia Mendes de Oliveira, la participation de São Paulo au télescope géant. Les deux chercheurs soulignent qu'il serait important d'avoir des investissements d'autres agences brésiliennes afin d'assurer la participation de la communauté d'astrophysiciens d'autres États du pays au GMT.

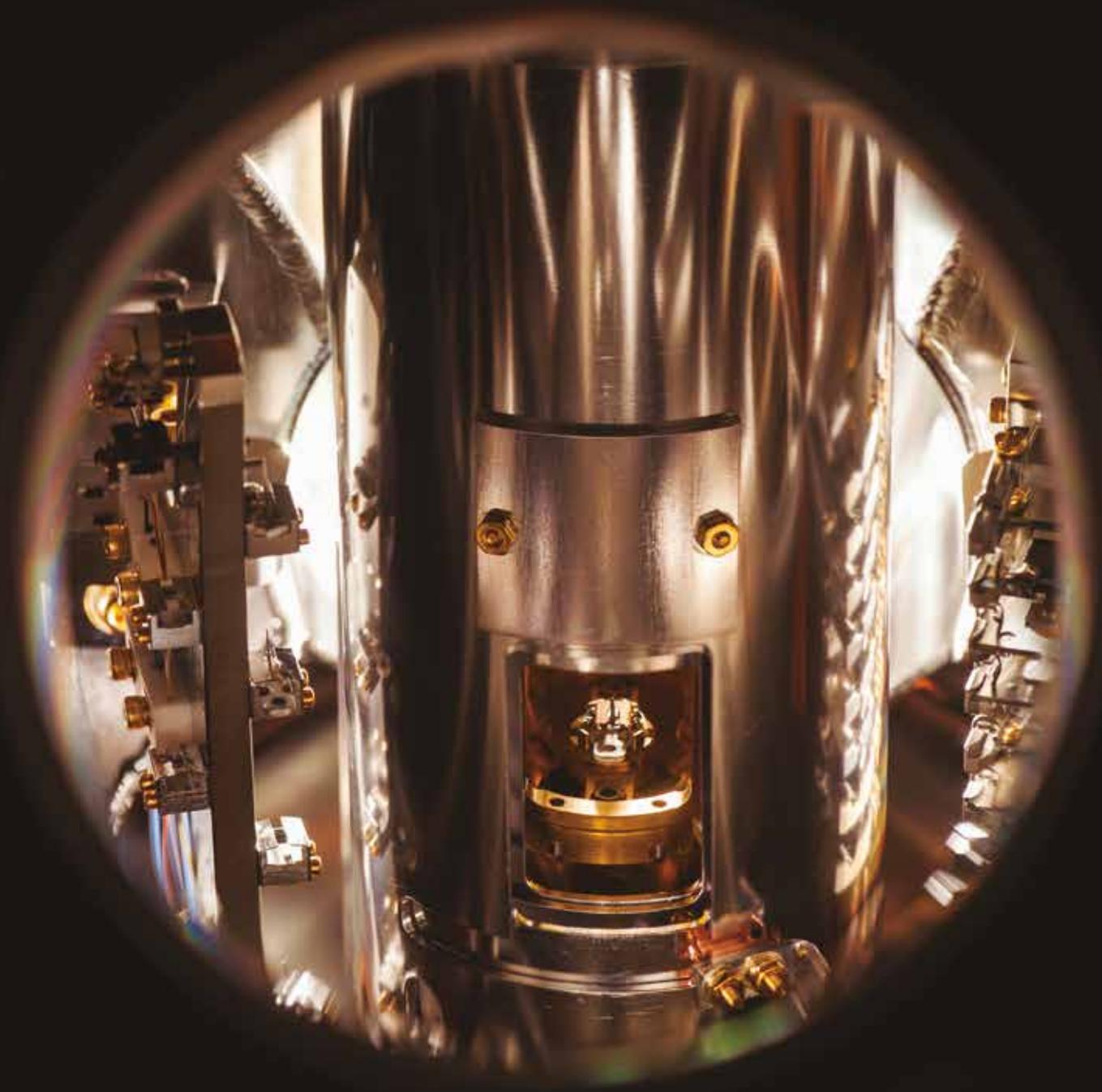
Les membres du GMT s'attendent également à ce que la National Science Foundation (NSF), l'une des principales agences de financement de la recherche aux États-Unis, annonce bientôt un investissement majeur dans le télescope géant. En novembre de l'année dernière, l'Académie Nationale des Sciences des États-Unis a considéré comme l'un des objectifs prioritaires de cette décennie pour l'astronomie nord-américaine de terminer le GMT et le TMT.

Historiquement, le GMT et le TMT ont été des entreprises concurrentes. Avec un miroir qui devrait atteindre 30 mètres de diamètre et un coût estimé à 1,4 milliard de dollars US, le TMT est le seul télescope géant prévu pour être installé dans l'hémisphère Nord. En 2018, confrontés à un manque de fonds pour mener deux initiatives aussi ambitieuses, le GMT et le TMT ont aligné leurs objectifs scientifiques, sans toutefois fusionner, et sont allés chercher conjointement des financements auprès du gouvernement des États-Unis. L'objectif du lobby était d'obtenir le soutien de l'Académie des Sciences. Cette initiative a été couronnée de succès et devrait peser sur la décision de la NSF. ■

Projet

Explorer l'Univers, de la formation des galaxies aux planètes semblables à la Terre, avec le télescope géant Magellan (n° 11/51680-6) ; Modalité Projets Spéciaux ; Chercheur principal Laerte Sodré (USP) ; Investissement 45,000,000.00 de dollars US.

OPTIQUE



DES LENTILLES PLUS PRÉCISES

Un système créé à l'université UNICAMP qui améliore la performance du microscope à force atomique est lancé sur le marché mondial par une entreprise nord-américaine

Suzel Tunes

Située à Chicago, RHK Technology est une société spécialisée dans les microscopes à effet tunnel utilisés pour obtenir des images atomiques. Elle a profité de la conférence de l'American Physical Society en mars dernier pour procéder au lancement mondial d'un nouveau microscope doté d'un système capable de capter des signaux de luminescence. Ce dispositif recueille la lumière dans le microscope de manière trois fois supérieure aux modèles précédents. Curieusement, l'innovation n'a pas été projetée dans les laboratoires de l'entreprise mais à quelque 8 300 kilomètres de distance, à l'Institut de physique Gleb Wataghin, de l'Université d'État de Campinas (IFGW-Unicamp).

Le développement du système a été dirigé par le physicien Luiz Fernando Zagonel, professeur de l'IFGW, en partenariat avec les doctorants Ricardo Javier Peña Román (de l'Unicamp) et Yves Maia Auad (de l'Université Paris-Saclay). Pour l'innovation, déjà brevetée et mise sur le marché, l'équipe a reçu le prix *Inventores 2022* dans la catégorie *Tecnologia absorvida no Mercado* [Technologie absorbée sur le marché], promu par l'Unicamp.

D'après Adam Kollin, fondateur et président de RHK Technology, « cette nouvelle technologie a ajouté une capacité fondamentale pour une partie de nos clients, qui est d'étudier l'émission de lumière de l'échantillon et ses caractéristiques électroniques et topographiques. [...] La ressource peut être intégrée à un de nos produits déjà existants avec un niveau modeste de modification, ce qui a permis de le proposer plus facilement à la communauté scientifique ». Le nouvel appareil est arrivé sur le marché sous la marque PanScan Lumin-SLT.

Soutenu par la FAPESP par le biais du Programme Jeune chercheur, le projet est né d'un besoin identifié par Zagonel quand il effectuait

son stage postdoctoral à l'Université Paris-Sud (l'actuelle Paris-Saclay), entre 2008 et 2010. À l'occasion, il étudiait les nanofils semi-conducteurs et avait du mal à trouver un microscope qui réponde aux exigences de sa recherche. En contact avec différentes entreprises du secteur, il a reçu des offres d'équipements d'une capacité de capture de lumière limitée à une petite fraction de la luminosité émise par l'échantillon, de 2 à 5 % – comme client, il s'est senti insatisfait, mais comme chercheur, intrigué.

À partir de là, il a transformé son besoin en défi technologique : « Pendant mes deux années en France, plusieurs problèmes ont été identifiés et résolus. Nous avons publié des articles et déposé



Microscope à effet tunnel de l'IFGW de l'Unicamp (à gauche) et détail de sa chambre à ultravide (page à côté)

des brevets ». En 2015, déjà de retour au Brésil, le projet de recherche approuvé par la FAPESP a donné lieu à la création d'un dispositif d'une capacité de captation lumineuse jusqu'à 72 %. Le système possède trois composants : une petite table optique à connecter à un microscope à effet tunnel ; un manipulateur avec un mouvement dans trois directions ; et un miroir parabolique.

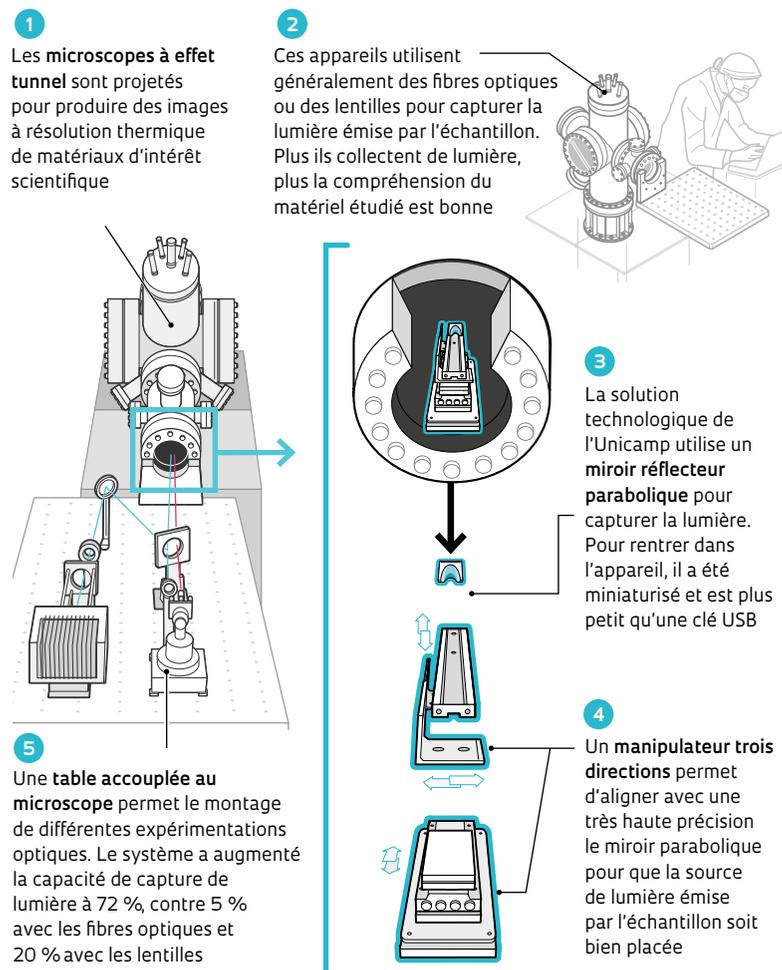
Pour bien saisir le sens de ces pourcentages, il faut comprendre comment fonctionne un microscope à effet tunnel (en anglais *Scanning Tunneling Microscope*, STM). Pour obtenir des images à résolution atomique, ces appareils utilisent le phénomène quantique du courant tunnel, qui permet le passage d'un courant d'électrons entre deux surfaces extrêmement proches, à une distance de l'ordre de 1 nanomètre, un milliardième de mètre. Dans ces situations, il y a un passage d'électrons entre la pointe métallique de l'équipement et l'échantillon observé, générant un

transfert d'énergie vers l'échantillon, qui émet de la lumière captée par le microscope.

« Le problème est de savoir comment analyser et enregistrer la lumière émise de manière compatible avec un STM qui se trouve dans un ultraviolet et qui peut opérer à des faibles températures, l'équipement auquel est destiné le dispositif », explique Zagonel. Pour bien clarifier l'enjeu, le chercheur recourt à une comparaison : « Imaginez le phare d'une voiture. Il y a une source lumineuse et un réflecteur qui cherche à collecter une grande partie de la lumière générée et à la diriger vers l'avant. Sans le réflecteur, la lumière irait dans tous les sens et elle se perdrait sans éclairer correctement la route, c'est la même chose dans le microscope. Il y a une toute petite source de lumière, qui est l'échantillon. On a besoin de capturer la plus grande quantité de lumière possible et de l'envoyer vers l'avant, afin de pouvoir l'enregistrer ».

COMMENT FONCTIONNE LE DISPOSITIF

Le système augmente l'efficacité de la collecte de lumière de l'échantillon dans le microscope



SOURCE LUIZ FERNANDO ZAGONEL

Parmi les équipements proposés jusqu'à présent sur le marché, ajoute le physicien, les plus utilisés sont seulement dotés de fibres optiques et de lentilles, donc ils captent un petit pourcentage de lumière émise par l'échantillon. Le dispositif créé par les chercheurs de l'Unicamp utilise une autre ressource : un miroir réflecteur parabolique miniaturisé. Avec une plus grande collecte de lumière, il est possible d'obtenir plus de détails de la lumière émise par l'objet analysé, ce qui permet des analyses plus approfondies et plus riches en détail sur les matériaux d'intérêt scientifique et économique, comme les semi-conducteurs, les nanostructures métalliques et autres matériaux nanostructurés.

Zagonel explique : « Nous sommes partis vers une nouvelle solution technologique. Les systèmes conventionnels, à fibres optiques, ont une faible efficacité, jusqu'à 5 %. Avec l'emploi de lentilles, il est possible d'augmenter l'efficacité entre 10 et 20 %, ce qui est encore faible. Pour aller au-delà de 50 %, il faut utiliser des réflecteurs paraboliques ou ellipsoïdaux. L'efficacité de la collecte de lumière est élevée, mais l'alignement du miroir est un problème difficile à résoudre. [...] Notre stratégie a été d'associer le miroir réflecteur parabolique au manipulateur à trois axes de haute précision. Cet ensemble permet l'alignement du miroir pour qu'il fonctionne vraiment ».

Actuellement, et avec un nouveau soutien de la FAPESP, le professeur de l'Unicamp utilise son invention pour étudier des matériaux à potentiel pour la création de diodes électroluminescentes (LED) et de cellules solaires de pérovskites inorganiques (voir Pesquisa FAPESP n° 260) : « Il est

urgent de résoudre les problèmes relatifs à la production d'énergie renouvelable. [...] Et notre équipement est capable de contribuer à une meilleure compréhension de la structure de matériaux qui peuvent être la clé pour de nouvelles technologies dans le domaine ».

DU BREVET À L'ÉTAGÈRE

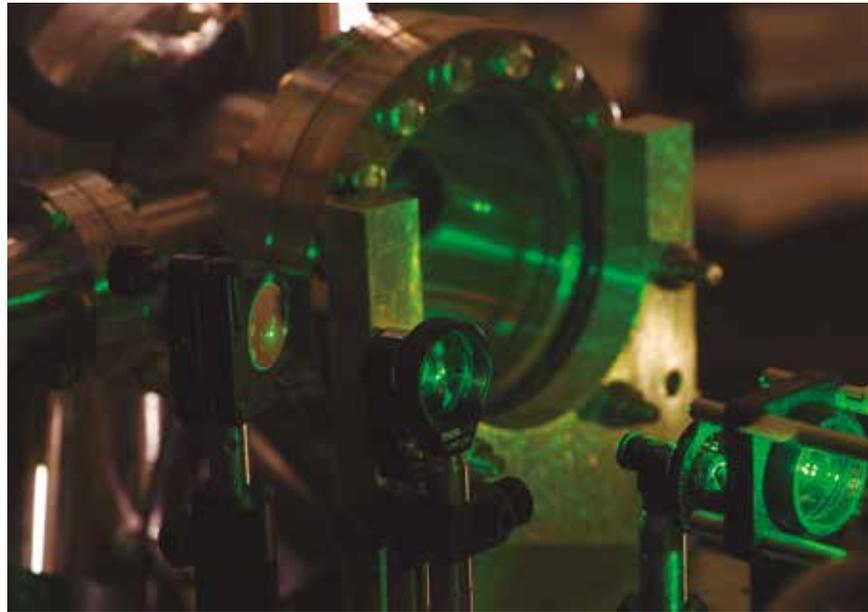
Il s'agit du premier contrat de licence de technologie qui fait de l'Unicamp la titulaire du brevet à 100 %, c'est-à-dire détentrice des droits de brevet. « Pour les autres contrats, nous avons toujours eu la cotitularité avec une entreprise partenaire », observe Iara Silva Ferreira, directrice de Parcerias da Agência de Inovação Inova, de l'Unicamp. Le chemin vers la commercialisation a été étonnamment rapide. Le brevet d'invention a été déposé en 2020 et en décembre 2021 l'Unicamp signait déjà le contrat de transfert de la technologie vers RHK.

Pour elle, deux facteurs ont été fondamentaux pour la rapidité du processus : la proactivité du chercheur dans la quête de partenaires commerciaux et le niveau de développement de la technologie : « Le professeur Zagonel a identifié une demande technique non satisfaite et il ne s'est pas limité au dépôt du brevet. De plus, le niveau de maturité de la technologie, connu dans le secteur de l'innovation par le sigle TRL (*Technology Readiness Level*, en français *Échelle TRL*), a accéléré sa commercialisation ». Alors que la plupart des projets développés à l'université atteignent le niveau TRL3 – dans une métrique qui va de 1 à 9 – le dispositif projeté à l'IFGW était au niveau 5, ce qui lui a permis d'être rapidement absorbé par RHK. Plus la valeur est élevée sur l'échelle TRL, plus la technologie est proche du marché.

Selon le chercheur de l'Unicamp, « le TRL élevé de notre invention est notamment dû au fait que nous avons pensé dès le départ au transfert de la technologie vers une entreprise intéressée. [...] En outre, notre système dispose de détails importants, comme les protocoles d'alignement, et il avait déjà été testé et prouvé par des publications ».

Tout au long du développement du dispositif, Zagonel a pris contact avec différentes entreprises du secteur. RHK a été réceptive aux idées d'innovation et a vendu au Groupe de recherches photovoltaïques du Département de physique appliquée de l'IFGW un microscope déjà adapté pour recevoir l'invention. L'équipement, intégré au Programme Équipements multi-usagers (EMU) de la FAPESP, est désormais à la disposition d'autres groupes de recherche.

« Quand notre projet a fonctionné et que les premiers articles ont été publiés », observe Zagonel, « nous avons commencé à parler de transfert de technologie. Innova a accompagné et intermédié la relation à toutes les étapes du



Fenêtre arrière de la chambre utilisée pour laisser passer la lumière que l'on souhaite collecter

processus, depuis avant les premiers résultats jusqu'à maintenant ».

De l'avis de Luciana Hashiba, du Centre d'innovation de l'École d'administration d'entreprises de São Paulo de la Fondation Getulio Vargas (FGVIn), « le soutien d'une agence d'innovation est essentiel pour apporter des technologies développées dans le milieu universitaire sur le marché. [...] La présence d'un centre d'innovation technologique dans l'institution de recherche permet au chercheur d'avoir déjà un regard tourné vers le marché pendant le déroulement de la recherche. [...] Et cela peut faire toute la différence au moment de transférer la technologie vers une entreprise intéressée. Luciana Hashiba est également membre de la Coordination adjointe de la Direction scientifique de la FAPESP.

RHK compte à présent mener des actions pour stimuler la vente du nouvel équipement. « Dès que nous en aurons fini avec la question du marketing, nous accentuerons la promotion de l'équipement » annonce Kollin, le président de l'entreprise. « Nous allons aussi programmer un webinaire technique avec le professeur Zagonel pour qu'il nous fournisse une bonne explication scientifique du système ». ■

Projets

1. Hétérostructures dans des nanofils semi-conducteurs : émetteurs de lumière nanométriques étudiés par microscopie à effet tunnel (n° 14/23399-9) ; **Modalité** : Jeune Chercheur ; **Chercheur responsable** : Luiz Fernando Zagonel (Unicamp) ; **Investissement** : 617 335,61 reais BRL.
2. Matériaux optiquement actifs étudiés par microscopie à effet tunnel (n° 21/06893-3) ; **Modalité** : Jeune Chercheur ; **Chercheur responsable** : Luiz Fernando Zagonel (Unicamp) ; **Investissement** : 1 010 676,95 reais BRL.

Les références des articles scientifiques cités dans cet article sont disponibles dans la version en ligne.

INGÉNIERIE

UN ROBOT-CHIEN GUIDE D'AVEUGLE



Une startup de l'État d'Espírito Santo procède au pré-lancement d'un véhicule autonome permettant aux personnes malvoyantes de circuler dans des espaces fermés

Frances Jones

Un robot d'environ 4 kilos, de 40 centimètres de haut et ayant la forme d'un petit bagage à main muni d'une poignée rétractable et de roues, pourrait être aperçu dans les prochains mois en train d'accompagner des personnes malvoyantes dans des centres commerciaux, des magasins et les aéroports d'Espírito Santo, de Rio de Janeiro et de São Paulo. Il s'agit de Lysa, un chien guide robot développé par la startup Vixsystem depuis 2014 et mis sur le marché fin 2021 pour un usage en intérieur.

Équipé d'un logiciel dédié, d'une application pour mobile, d'un système d'intelligence artificielle, d'un ensemble de capteurs, d'une caméra et du système laser Lidar (détection de lumière et mesure de distance), le robot Lysa cartographie le lieu, établit un itinéraire jusqu'à la destination et guide l'utilisateur jusqu'au point souhaité. Il émet également des signaux sonores et des vibrations lorsqu'il se déplace (*voir infographie page 31*).

« Il détecte les objets qui peuvent se trouver devant et au-dessus de l'utilisateur, les contourne et signale la présence d'une personne ou d'un groupe de personnes sur le parcours. En d'autres termes, il donne des indications précises et est bien plus efficace qu'une canne pour malvoyants, explique Neide Sellin, directrice exécutive de la startup et diplômée en informatique. Elle fait al-

lusion aux cannes intelligentes qui existent déjà sur le marché et qui détectent les obstacles non seulement au sol, mais aussi à hauteur des yeux, comme les branches d'arbres et les vases suspendus, responsables de nombreux accidents chez les personnes malvoyantes.

« Ce mois-ci, 20 unités doivent être livrées », précise Neide Sellin. « Sur ces 20 unités, certaines ont été déjà vendues et d'autres sont laissées au client pour être testées ». Comme il s'agit d'un nouveau produit, les entreprises veulent tout d'abord l'essayer et estimer la demande avant de l'acheter. Chaque robot est vendu au prix de 15 000 reais BRL.

D'ici un an, la startup espère disposer d'une nouvelle version équipée d'un GPS et qui pourra être utilisée sur la voie publique. « Nous devons encore résoudre certains problèmes pour pouvoir circuler dans la rue. Le principal défi à relever est lorsqu'il n'y a pas de trottoirs ». La startup bénéficie du soutien de la FAPESP depuis 2021, dans le cadre du programme Small Business Innovation Research (Pipe), pour travailler sur la version du robot d'extérieur.

La startup Vixsystem a été sélectionnée dans le cadre d'un appel à propositions de recherche stratégique sur l'internet lancé par la FAPESP, le Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation (MCTI), le Ministère des Communications (MCom) et le Comité de Gestion de l'Internet au Brésil (CGI.br). C'est la première fois

Équipé de capteurs, d'une caméra et d'une intelligence artificielle, le robot Lysa est vendu à 15 000 reais BRL

qu'un projet du programme Pipe est approuvé pour une startup située hors de São Paulo. Des projets menés en dehors de São Paulo peuvent être soutenus par la FAPESP dans le cadre de partenariats avec les MCTI, MCom et CGI.br.

PROTOTYPE ARTISANAL

Selon la cheffe d'entreprise, l'idée de mettre au point un robot chien d'aveugle est née en 2011, alors qu'elle donnait des cours de robotique aux lycéens d'une école publique de la ville de Serra, dans la région métropolitaine de Vitória, capitale de l'État d'Espírito Santo. « Après avoir fait des recherches et constaté que la demande était importante, j'ai construit un prototype avec mes élèves, en utilisant des pièces issues d'autres robots. Nous avons réalisé plusieurs tests et fait appel à 20 malvoyants pour qu'ils nous donnent leur avis », se souvient-elle. « Ils ont alors voulu l'acheter même s'agissant d'un appareil très artisanal. Cela m'a vraiment fait prendre conscience de l'utilité et de la nécessité de développer un tel produit. Je n'ai pas pu le faire aussi rapidement que je le souhaitais, mais je l'ai fait ».

L'élan initial pour la création de ce prototype est né d'un projet approuvé en 2014 par le Conseil National pour le Développement Scientifique et Technologique (CNPq). Le soutien de l'institution a permis de recruter deux chercheurs ti-

tulaires d'un master pour la poursuite du projet, l'un ingénieur en génie électrique et l'autre ingénieur informatique. « Il y a eu de nombreux prototypes et beaucoup de tests. J'ai élaboré le concept global de Lysa avec l'aide de plus de 200 personnes malvoyantes, qui ont donné leur avis ».

En 2017, la cheffe d'entreprise a gagné 200 000 reais BRL et une plus grande visibilité en termes de recherche de financement, après avoir participé à la version brésilienne d'une émission de télé-réalité d'entrepreneuriat appelée Shark Tank. La startup Vixsystem a également reçu le soutien de l'Agence de Financement d'Études et de Projets (Finep) et de la Fondation de Soutien à la Recherche et à l'Innovation d'Espírito Santo (Fapes).

L'idée d'un robot chien-guide est prometteuse, mais comme il s'agit d'une nouvelle technologie, elle doit être évaluée avec prudence, estime l'avocat Marcelo Panico, responsable des relations institutionnelles de la Fondation Dorina Nowill pour les Malvoyants, à São Paulo. Il ajoute que, outre la question du coût du robot, il convient également d'analyser les avantages et les inconvénients de la nouvelle technologie d'un point de vue social. « Les chiens guides sont au-

jourd'hui respectés par la société et leur présence dans les lieux publics est garantie par la loi. De plus, le chien devient un compagnon de la personne en situation de handicap et il permet de renforcer son estime de soi ».

Marcelo Panico souligne toutefois qu'il y a peu de chiens guides au Brésil. On estime qu'il n'y en a que 200 pour environ 6,5 millions de malvoyants dans tout le pays. Selon l'avocat, les chiens guides sont généralement dressés à l'étranger au prix de 10 000 dollars et le délai d'attente pour en obtenir un peut être de 2 ans. Les coûts de dressage sont généralement couverts par des institutions et des projets partenaires.

ROBOTS À PATTES

Lysa n'est pas seule dans le monde des chiens robotisés. Un autre chien guide est en développement depuis 2017 à Catanduva dans l'état de São Paulo. Ce projet est mené par Diego Renan Bruno, étudiant de troisième cycle au Laboratoire de Robotique Mobile (LRM) de l'Institut des Sciences Mathématiques et Informatiques de l'Université de São Paulo (ICMC-USP), campus de São Carlos, et par son ancien élève à la Faculté de Technologie Marcelo Assis (Fatec) de Catanduva.

Les chercheurs ont déjà mis au point deux prototypes, dont le second en 2019 dans le cadre du projet de résidence hac-



L'entreprise américaine Boston Dynamic fait une démonstration des chiens robots Spot lors d'un événement à Las Vegas

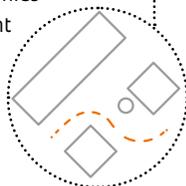
COMMENT FONCTIONNE LYSA

Le robot est équipé d'une caméra, de capteurs infrarouges et d'un faisceau laser pour guider les non-voyants

1. L'utilisateur doit télécharger **l'application** de Lysa sur son mobile. Ensuite, à l'aide de commandes vocales ou en touchant le menu des options, il indique l'endroit où il souhaite se rendre

2. Le **capteur Lidar**, équipé d'un faisceau laser et de huit capteurs infrarouge cartographie l'environnement. Ces caractéristiques servent également à la navigation

3. Une **carte de navigation 2D** est créée. Lorsque l'itinéraire est établi, la machine calcule un trajet jusqu'à la destination et évite les personnes et les objets non cartographiés précédemment



4. La **poignée du robot** émet des vibrations qui signalent les obstacles si la personne choisit de désactiver le son

5. Un **capteur infrarouge** orienté vers le haut détecte les obstacles en hauteur et en informe la personne

6. La **caméra** détecte les objets présents sur le parcours, comme des chaises, vases, escaliers, et prévient l'utilisateur par un signal sonore

SOURCE VIXSYSTEM

ker Red Bull Basement, un programme du fabricant de boissons énergétiques qui aide les universitaires à développer leurs projets technologiques. La première version a été construite à partir des pièces d'un aspirateur usagé. « Le nôtre n'est pas encore un produit fini ; il est en cours de développement et la prochaine version, la troisième, sera un robot avec des pattes », informe Bruno. « Je pense que si on l'appelle chien guide, il devra se comporter comme un véritable chien guide ».

Selon Diego Renan Bruno, l'utilisation de roues pose un problème, car on ne peut accéder qu'aux endroits accessibles aux fauteuils roulants, par exemple. Nédinalva de Araújo Sellin de Vixsystem, estime toutefois que, pour être petit et léger, le robot Lysa (le premier de ce type lancé au monde, selon la startup) remplit parfaitement sa mission, car il

peut être facilement transporté dans un véhicule et même porté à la main. « Il s'arrête et signale, par exemple, la présence d'un escalier roulant et la personne peut alors le transporter comme s'il s'agissait d'un caddie ».

Selon Diego Renan Bruno, le chien robot à quatre pattes développé et vendu par la société nord-américaine Boston Dynamics est une référence à travers le monde et pourrait être utilisé pour guider les non-voyants. Baptisé Spot, il est déjà utilisé dans le domaine du BTP et de l'exploitation minière pour des tâches d'inspection et de reconnaissance de sites. L'un des obstacles pour atteindre un grand public est son prix car Spot coûte plus de 70 000 dollars aux États-Unis.

« D'autres entreprises, en Chine, au Japon et en Allemagne, ont créé des robots ressemblant à des chiens et inspirés

de celui de Boston Dynamics. Bien qu'il s'agisse d'un bon modèle, il ne correspond pas à notre objectif qui est de développer un produit plus abordable », précise Bruno. Une version chinoise beaucoup moins chère d'un robot à quatre pattes est déjà sur le marché. Unitree Robotics propose six modèles de son chien robot, le plus simple étant vendu à 2 700 dollars. Cependant, aucun d'entre eux ne convient comme guide pour les malvoyants ; ils ne sont conçus que pour les inspections souterraines, la surveillance et la détection d'explosifs, entre autres applications. ■

Projet

Lysa : Robot guidé par GPS pour la mobilité des personnes malvoyantes (n° 20/05195-8) ; **Modalité** Recherche Novatrice en Petites Entreprises (Pipe) ; **Convention** MCTI/MC ; **Chercheuse responsable** Nédinalva de Araújo Sellin (Vixsystem) ; **Investissement** 532 606,26 reais BRL.

ÉCOLOGIE

MANGROVES D'EAU DOUCE

Mangrove sur le
fleuve Amazone :
les plantes sont
des mélanges
d'espèces de deux
environnements

L'étude élargit la zone occupée par ce type rare d'écosystème côtier à l'embouchure du fleuve Amazone

Guilherme Eler

Une nouvelle étude estime que la superficie des mangroves autour de l'embouchure du fleuve Amazone, à la frontière entre le Pará et l'Amapá, est d'au moins 180 kilomètres carrés (km²) plus vaste que ce que l'on connaissait. Selon un article publié en août dans la revue scientifique *Current Biology*, l'étendue totale de ce type de végétation de transition entre le milieu terrestre et marin atteint 1 713 km² à l'embouchure du fleuve, soit environ 15% des mangroves brésiliennes. Les plantes existantes dans la région présentent une particularité : il s'agit d'un mélange d'espèces adaptées à des environnements d'eau douce, telles que les plaines inondables, avec celles des mangroves typiques, où la salinité est élevée.

Dans le sol boueux de ce que l'on appelle le delta amazonien, un genre d'embouchure formé par plusieurs canaux et petites îles, des forêts avec des espèces herbacées telles que les *aningas* (NdT : la *Montrichardia linifera*, une plante herbacée macrophyte aquatique typique des îles alluviales des fleuves amazoniens) ont été retrouvées, accompagnées d'arbres typiques des plaines inondables qui semblent ne pas appartenir à l'habitat naturel de cet environnement, tels que les *corticeiras* (NdT : *Erythrina crista-galli*) et certains types de palmiers, y compris l'acaï (*Euterpe oleracea*) et le buri-ti (*Mauritia flexuosa*). Les mangroves sont habituellement dominées par des

arbres adaptés aux milieux d'eau salée ou saumâtre. « Mais l'Amazone déverse tellement d'eau douce dans l'Atlantique que, dans son delta et sur des dizaines de kilomètres le long de la côte en direction du nord, la salinité est proche de zéro », explique l'océanographe Angelo Bernardino, de l'Université fédérale de l'Espírito Santo (Ufes), auteur principal de l'article publié avec des collègues du Brésil, des États-Unis, d'Australie et d'Écosse.

Par définition, les mangroves sont un type d'écosystème côtier que l'on trouve dans les zones tropicales et sous-tropicales. Ils sont caractérisés par des espèces végétales qui se sont adaptées pour tolérer la présence d'eau de mer. Ses arbres résistent à de fortes concentrations de sel et peuvent dépasser 35 mètres de haut. La taille est une réponse à la force des marées et aussi au renouvellement des nutriments par la dynamique locale : comme l'eau venant de l'océan peut atteindre des hauteurs allant jusqu'à 10 mètres, les plantes doivent être grandes et avoir des racines tout aussi robustes, qui émergent du sol et aident à contenir l'impact. En raison de l'action de l'eau salée, les arbres qui ne tolèrent pas le sel ne résistent pas au passage du temps et l'environnement est envahi par les espèces de mangroves.

Mais ce n'est pas ce qui se passe dans quelques-unes des zones voisines de l'embouchure océanique de certains fleuves. L'existence de mangroves avec des plantes d'eau douce est due au régime pluviométrique et à l'influence de l'em-

bouchure d'une grande rivière sur des tronçons d'une zone côtière. « Pendant la période sèche, de réduction du débit des fleuves, l'eau salée pénètre davantage dans les mangroves », explique l'océanographe Mário Soares, coordinateur du Centre d'Études sur les Mangroves de l'Université de l'État de Rio de Janeiro (Nema-Uerj). « Pendant la saison des pluies, il y a une plus grande présence d'eau douce. Cela empêche l'environnement d'être dominé par des espèces végétales d'eau salée. » Selon Soares, qui n'a pas participé à l'étude sur le delta de l'Amazone, mais mène des recherches dans la région depuis des années, les mangroves situées à la frontière du Pará et de l'Amapá contrastent avec ce qui est observé dans une grande partie du Brésil.

Une expédition dirigée par Bernardino en avril 2022 a eu pour but de suivre l'influence des sédiments transportés par l'Amazone, le soi-disant panache du fleuve, à différents points de son embouchure. Le voyage fait partie du programme Perpetual Planet Amazon Expedition de la National Geographic Society, qui promeut les incursions scientifiques dans le bassin amazonien, depuis la région des Andes jusqu'à l'Atlantique. L'équipe coordonnée par le chercheur de l'Ufes a exploré 11 forêts de mangroves le long du delta amazonien et a recueilli des données sur l'eau, le sol, la salinité, la composition végétale des forêts et les stocks de carbone des écosystèmes.

L'expédition a non seulement noté la présence d'espèces d'eau douce, qui

ne devraient théoriquement pas être dans les mangroves, mais a aussi trouvé quelque chose de curieux. Au premier arrêt, près de la communauté de l'archipel de Bailique, à cinq heures en bateau de Macapá, la capitale de l'Amapá, les sols avaient une salinité extrêmement faible, proche de zéro partie pour mille (‰). « L'Amazone est le plus grand fleuve du monde en volume d'eau. Il n'y a pas d'autre endroit avec autant de sédiments atteignant les mangroves sur la côte », explique Bernardino. On estime que 3 millions de litres d'eau en provenance de l'Amazone atteignent l'océan chaque seconde près de l'île de Marajó, au large des côtes du Pará. Ce total représente près de 20% de l'eau drainée dans la mer par tous les fleuves de la Terre. La masse de sédiments accumulés depuis les Andes, en l'espace d'un mois, équivaut au poids du Pain de Sucre, à Rio de Janeiro.

À environ 100 km au nord de l'archipel de Bailique, près de Sucuriju, l'une des extrémités de l'État de l'Amapá, l'influence du panache de l'Amazone était toujours présente, mais moins dominante. En raison de la plus grande présence d'eau de l'Atlantique, la salinité sur ce tronçon se situait entre 5 ‰ et 11 ‰, sept à trois fois inférieure au taux moyen dans une zone océanique. En raison de la faible salinité, les sols de ces mangroves du delta amazo-

nien sont également très acides, contrairement à ceux que l'on trouve habituellement dans le reste du Brésil.

La géologue Valdenira Santos, du Centre de Recherche Aquatique de l'Institut de Recherche Scientifique et Technologique de l'État de l'Amapá (Iepa), affirme que des zones de mangroves formées uniquement par des arbres de l'espèce populairement connue sous le nom de *siriúba* (*Avicennia germinans*), présentes à l'embouchure de l'Amazone et également en amont du fleuve, à plus de 230 kilomètres de son embouchure, ont été cartographiées. La *siriúba* est une espèce arboricole typique des mangroves classiques, où la salinité est élevée. À principe, elle ne devrait pas exister dans les régions éloignées des eaux salées de l'Atlantique. C'est une situation différente de celle décrite dans l'article de Bernardino, mais elle illustre la propagation de ce type d'écosystème dans des endroits inattendus. « Nous ne connaissons pas encore les mécanismes qui poussent ces populations de mangroves à s'installer dans des zones où l'influence des eaux de la mer est totalement absente », explique Valdenira Santos.

En plus d'abriter des espèces végétales et d'être la demeure de nombreuses espèces animales, telles que les oiseaux, les crabes et les poissons, les mangroves jouent également un rôle important dans la séquestration du dioxyde de carbone (CO₂), le principal gaz à effet de serre, de l'atmosphère. Étant pauvres en oxygène, les sols boueux des mangroves ne stimulent pas la décomposition de la matière organique qu'ils contiennent. Une partie de la végétation et des arbres qui, dans d'autres environnements, pourraient et libéreraient à nouveau du CO₂ dans l'atmosphère, reste préservée au fond de ces écosystèmes côtiers. En pratique, les mangroves fonctionnent comme des puits de carbone.

Ce processus est probablement encore plus intense dans la partie nord de la côte brésilienne sous l'influence du panache de l'Amazone. Les sédiments du fleuve transportés vers la mer transportent une grande quantité de matière organique. Par conséquent, l'analyse de l'évolution de la quantité de carbone stockée dans le sol des mangroves du delta amazonien peut servir de thermomètre des activités humaines dans le bassin du fleuve. Une partie des déchets organiques produits par la déforestation et l'introduction d'activités

agricoles se retrouve dans les mangroves de la région, où ils sont préservés. Mesurer les niveaux de carbone accumulés dans les palétuviers et le sol, affirme Bernardino, pourrait être un indicateur de l'avancée de phénomènes tels que la déforestation au cours des dernières décennies.

Selon l'édition publiée en septembre 2022 d'un rapport sur la situation mondiale des mangroves, réalisé par un ensemble d'organisations environnementales non gouvernementales qui participent à la Global Mangrove Alliance, l'étendue couverte par cet écosystème sur la planète a diminué de 5 245 km² (3,4% du total) depuis 1996. Cependant, le travail souligne que les zones de mangrove qui ont subi la plus forte croissance ces dernières années sont celles situées à l'embouchure de fleuves, tels que l'Indragiri, à Sumatra, en Asie, l'Amacura, au Venezuela et, principalement, l'Amazone. La bonne nouvelle peut cacher un fait inquiétant : la superficie des mangroves aurait augmenté dans ces tronçons de la côte en raison de l'intensification de la déforestation. Selon le rapport, cela amènerait les fleuves à transporter plus de sédiments vers leur embouchure, élargissant ainsi les tronçons de littoral susceptibles d'être occupés par ces écosystèmes. Une autre explication possible : l'augmentation de l'étendue des mangroves serait due à l'amélioration des techniques de cartographie de ces formations.

Cette situation, combinée à l'élévation globale du niveau de la mer due au changement climatique, peut également provoquer une sorte d'internalisation des mangroves. Un article de chercheurs d'Europe et du Brésil, publié en mai 2022 dans la revue *Science of the Total Environment*, a analysé des images satellites et identifié une augmentation de 157 km² de la superficie des mangroves au cours des 38 dernières années uniquement sur la côte de l'Amapá. Selon le document, la croissance était probablement due à l'élévation du niveau de la mer, ce qui aurait poussé ce type d'écosystème côtier à l'intérieur des terres. ■

Les articles scientifiques consultés pour cet article sont répertoriés dans la version en ligne.



Les racines profondes aident à protéger les mangroves de l'action des marées



Échantillons de la banque de semences Millennium, au Royaume-Uni

RÉCOLTE PRÉSERVÉE

Le Brésil participe à un projet international qui conserve des semences congelées de parents sauvages de 28 cultures importantes pour l'agriculture

Marcos Pivetta

Dans les chambres froides souterraines de la Banque de semences du millénaire (*Millennium Seed Bank*) – une installation qui fait partie du Jardin botanique royal de Kew, dans les environs de Londres –, près de 2,5 milliards de semences issues de 40 000 espèces végétales du monde entier sont stockées à -18 degrés Celsius (°C) et à une humidité relative de 15 %. Les lieux de stockage ont été conçus pour résister aux attaques de bombes, aux inondations et aux radiations, et ils doivent préserver la capacité de germination des graines pendant plus d'un siècle. La majeure partie de cette collection comprend un matériel génétique provenant de plantes sauvages non domestiquées par l'homme et menacées d'extinction, qui se trouvent dans

des endroits spécifiques de la planète et sont, ou peuvent devenir, utiles pour l'humanité. Au milieu de cette richesse congelée de biodiversité provenant de 100 pays (dont le Brésil), un petit groupe d'échantillons sert de réserve d'urgence au cas où les changements climatiques mettraient en péril la sécurité alimentaire mondiale.

Les semences d'espèces sauvages de 28 cultures agricoles sont rassemblées dans le cadre d'un effort international visant à conserver des plantes viables au matériel génétique diversifié afin d'adapter les cultures à différents climats. En plus des parents sauvages des trois cultures qui fournissent la moitié des calories consommées par l'homme (maïs, blé et riz), la liste comprend des variétés de certaines cultures très connues, comme le haricot, la banane et la carotte, et d'autres moins connues, comme les légumineuses gesse (*lathyrus sativus*) et vesce (*vicia*).

Le Brésil est un des 25 pays qui participent à cette initiative en faveur de la durabilité de l'agriculture face aux changements climatiques. Jusqu'à présent, le pays a fourni des graines d'espèces non domestiquées de quatre cultures : riz, pomme de terre, patate douce et millet (une céréale avec de petits épis qui font penser au maïs). Des semences de cinq espèces sauvages de patate douce, quatre de riz, deux de pomme de terre et deux de millet ont été expédiées au Royaume-Uni. D'après Marília Burle, agronome de l'Embrapa *Recursos genéticos e biotecnologia* [Ressources génétiques et Biotecnologie] à Brasília, « les plantes sauvages peuvent être plus résistantes aux parasites, aux maladies et aux conditions environnementales défavorables ; elles peuvent être très utiles pour l'agriculture dans un contexte de changement climatique ». Marília Burle est coordinatrice de la participation du pays au projet international *Adapting Agriculture to Climate Change*, dirigé par une équipe de Kew. Il n'y a pas de perte de biodiversité pour les pays participant au projet : « Nous conservons également dans notre banque les graines des mêmes

plantes que nous envoyons au Royaume-Uni. Les échantillons Millennium servent de copie de sauvegarde du matériel de ces espèces sauvages que nous conservons à l'Embrapa ».

Entre 2013 et 2018, les chercheurs brésiliens ont effectué 16 voyages sur le terrain et sont passés par tous les biomes, de l'Amazonie aux plaines (*pampas*), à l'exception du nord-est de la *caatinga* du Nord-Est, pour collecter des échantillons de semences de parents sauvages de riz, de pomme de terre, de patate douce et de millet. En Amérique du Sud, seuls trois autres pays ont participé à l'initiative : le Pérou, le Chili et l'Équateur.

Dans un article publié en juillet dernier dans la revue scientifique *Plants*, les responsables du projet de conservation des parents sauvages de cultures agricoles ont fait le bilan des résultats atteints au cours des dix dernières années. Ils ont réussi à obtenir des semences de cousins sauvages des 28 cultures sélectionnées. Au total, près de 4 600 échantillons de 345 espèces ont été envoyés à Kew. Les cultures dont la diversité génétique a été le mieux couverte par le relevé sont la luzerne, le blé, le pois bambara (un parent de l'arachide) et la gesse (qui se cuisine comme le haricot). La pomme de terre, le riz et l'aubergine ont également été échantillonnés de manière assez satisfaisante.

Dans une interview accordée à *FAPESP Research*, le biologiste Chris Cockel, du Jardin de Kew et coordinateur du projet sur les parents sauvages de cultures de grande importance agricole, a indiqué : « Certaines des 'espèces dites exceptionnelles', des groupes de plantes que nous ne réussissons pas à stocker en utilisant les méthodes de séchage et de congélation des semences, sont les plus difficiles à préserver ». Parmi les espèces non domestiquées des quelque trois douzaines de cultures concernées par l'initiative, la conservation de leurs graines desséchées et réfrigérées à des températures inférieures à zéro ne pose généralement pas de problèmes majeurs. « Mais certaines graines d'espèces rares et certaines cultures tropicales, comme la mangue et l'avocat, ne résistent pas à ce processus. Il en va de même pour le chêne », précise M. Cockel.

Dans la banque Millennium, les variétés d'orchidées sont probablement les moins conservées, selon le chercheur britannique. Leurs graines sont aussi fines que du sable et difficiles à manipuler. Des formes de conservation alternatives, comme l'entretien coûteux de parties de plantes congelées à -196 °C dans de l'azote liquide, ont été progressivement mises en place.

L'agriculture moderne est un processus qui tend à homogénéiser le matériel génétique des cultures

Entrée de la réserve de semences du Svalbard, en Norvège





2



3



4

Espèces sauvages apparentées du millet (*en haut à gauche*) et de la patate douce (*à côté*). Test de germination de semences à l'Embrapa (*en haut*)

pour maintenir ou augmenter la productivité. Si une variété ou une espèce de culture s'adapte et donne de bons résultats dans une région, les producteurs ont tendance à remplir leurs champs avec plus de plantes aux mêmes caractéristiques biologiques. Les formes, domestiquées ou non, de ces cultures qui présentent de faibles rendements ou qui sont difficiles à gérer sont abandonnées ou mises de côté. Il n'est pas rare de trouver dans les grandes exploitations des milliers d'exemplaires d'une culture à l'ADN quasiment identique. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) estime qu'au cours du siècle dernier, 75 % de la diversité génétique des plantes cultivées a été perdue.

Le Brésil possède l'une des plus grandes banques nationales de germoplasme de cultures agricoles au monde, et ce, depuis les années 1970 à l'Embrapa de Brasília. Le germoplasme est le jargon technique utilisé pour désigner le matériel génétique qui peut être conservé et utilisé pour propager une culture. Dans la plupart des cas, il s'agit de graines desséchées et congelées à des températures inférieures à zéro. La banque génétique de l'Embrapa conserve les échantillons envoyés par toutes ses unités de recherche, institutions et universités partenaires. Elle possède 118 000 échantillons de graines d'environ 1 100 espèces, principalement des plantes cultivées, comme le riz, les haricots, le blé et le soja.

« Nous stockons 1 500 semences de chaque variété », explique l'agronome Juliano Gomes Pádua de l'Embrapa *Recursos genéticos e biotecnologia*, superviseur de la banque génétique. Tous les 15 à 20

ans, les semences sont testées pour vérifier qu'au moins 85 % d'entre elles sont capables de germer. Le matériel conservé dans la capitale fédérale sert de copie de sécurité des banques actives de germoplasme, conservées dans les unités de l'entreprise de recherche agricole dans tout le pays. Ces banques actives fournissent les semences utilisées dans les travaux de recherche et de diffusion dans les campagnes des unités. Selon M. Pádua, « presque tout ce qui se trouve dans les banques actives se trouve également dans la banque génétique ».

La réserve de semences de cultures agricoles du Svalbard, située sur un archipel norvégien du cercle polaire arctique, est un autre partenaire international des programmes nationaux qui visent à préserver la diversité des plantes. Creusée dans une montagne rocheuse, à environ 130 mètres au-dessus du niveau de la mer, Svalbard a été créée en 2008 et compte près de 1,2 million d'échantillons de semences stockés à -18 °C. Le matériel comprend 6 000 espèces provenant de 91 banques de semences de 68 pays. Le Brésil a envoyé trois lots de plantes, avec environ 5 000 échantillons de maïs, soja, oignon, poivron, citrouille, riz, haricot, melon, pastèque, noix de cajou et fruit de la passion. « La banque du Svalbard n'est ouverte que trois fois par an [...] Le lieu est d'accès distant et très contrôlé », explique la biologiste Rosa Lía Barbieri, de l'Embrapa *Clima Temperado* [Climat tempéré], à Pelotas ; elle a représenté pendant trois ans (jusqu'en juillet 2022) l'Amérique latine au conseil scientifique du projet norvégien. ■

Article scientifique

EASTWOOD, R. J. et al. « Adapting agriculture to climate change : A synopsis of coordinated national crop wild relative seed collecting programs across five continents », *Plants*. 13 juill. 2022.

CLIMAT

L'AMAZONIE PRODUIT 8% DU MÉTHANE DE LA PLANÈTE

D'après une étude de l'Inpe, les zones inondées émettent près de 75 % du méthane libéré par l'Amazonie

DE LA PLANÈTE
DU MÉTHANE
PRODUIT 8%
L'AMAZONIE

Les zones inondées libèrent encore la plus grande partie du gaz du biome, mais l'avancée de l'élevage et des brûlis stimule les émissions associées à l'occupation humaine

Marcos Pivetta

La production de méthane (CH₄) en Amazonie a représenté 8 % des émissions mondiales de ce gaz à effet de serre, le deuxième plus important après le dioxyde de carbone (CO₂), et elle s'est maintenue à des niveaux stables entre 2010 et 2018. Près de trois quarts du méthane émis dans la région – qui traverse neuf pays et concentre 60 % de sa superficie au Brésil – viennent d'un processus naturel de décomposition de la biomasse, en particulier des arbres et de la végétation, dans des zones partiellement ou totalement inondées pendant l'année. Le reste est le sous-produit de deux activités favorisées par l'occupation humaine : les brûlis (16 % du total) et l'élevage du bétail (11 %).

Ces estimations sont présentes dans un article publié en décembre 2021 dans la revue scientifique *Communications Earth & Environment*. Pour Luana Santamaria Basso, auteure principale de l'étude, biologiste en stage postdoctoral au Laboratoire des gaz à effet de serre (Lagee) de l'Institut national de la recherche spatiale (Inpe), « l'Amazonie est une source mondiale importante de méthane, mais nos données indiquent que la région n'a pas contribué de manière significative à l'augmentation récente des émissions de ce gaz ». D'après l'article, l'Amazonie a émis environ 46 millions de tonnes de méthane par an entre 2010 et 2018.

Si près de 60 % des émissions de méthane en Amazonie ont été attribuées au Brésil (conformément à la participation du territoire du pays à l'étendue totale du biome sud-américain), la partie nationale de la forêt tropicale libère environ 29 millions de tonnes de ce gaz par an. Ce chiffre équivaut à 5 % de toutes les émissions de

méthane de la planète. La chimiste Luciana Vanni Gatti, coordinatrice du Lagee et coauteure de l'étude, précise : « Si l'Amazonie ne peut pas être considérée comme une vilaine dans la question des émissions mondiales de méthane, l'article signale que la libération de ce gaz due aux activités anthropiques [humaines] dans la région est plus importante dans les zones les plus déboisées que dans celles qui sont les plus préservées ». La chercheuse dirige un projet thématique dans le cadre du programme de recherche de la FAPESP sur les changements climatiques globaux (PFPM-CG), qui surveille le bilan de ce gaz en Amazonie.

Au cours des deux dernières décennies, au moins sept études menées par des groupes internationaux, avec des méthodologies différentes et même des données de satellites, ont obtenu des chiffres très différents sur la production de méthane en Amazonie. Selon l'article choisi, la quantité de CH₄ libérée par la forêt tropicale peut varier entre moins de 10 et près de 50 millions de tonnes par an. En plus des différences méthodologiques, un autre point rend difficile la comparaison des résultats : les études n'ont pas toujours considéré la même extension territoriale pour l'Amazonie. L'article de Basso, Gatti et collaborateurs a estimé les émissions pour une zone amazonienne de 7,2 millions de kilomètres carrés (km²), la taille la plus acceptée et qui inclut les neuf pays de la région. Les études qui ont considéré des extensions territoriales un peu plus petites ou plus grandes, soit entre 6 et 8 millions de km², ont obtenu des résultats d'un ordre de grandeur similaire : entre 30 et 47 millions de tonnes de méthane produites annuellement. Par contre, l'étude qui n'a considéré que 3,7 millions de km² a estimé à un peu plus

de 9 millions de tonnes/an la quantité de CH₄ libérée par le biome.

Appelé autrefois gaz des marais, le méthane est produit par la détérioration ou la décomposition de la matière organique dans des processus d'origine géologique ou biologique. Ceux du premier type font partie de la production de pétrole, de charbon et de gaz naturel. Ceux du deuxième type proviennent de la fermentation de la végétation dans les zones inondées, de la combustion incomplète de la biomasse, de la putréfaction des déchets organiques dans les décharges et, surtout, des activités d'agriculture et d'élevage, comme celles issues de la digestion des aliments par les troupeaux de ruminants et, dans une moindre mesure, de la culture du riz dans les zones inondées.

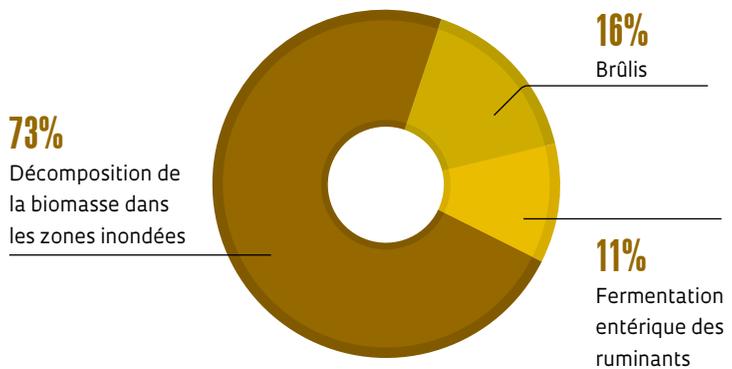
D'après un relevé international publié en juillet 2020 dans la revue *Earth System Science Data*, 62 % des 580 millions de tonnes de CH₄ émises chaque année sur la planète sont le fruit des activités humaines et notamment de l'élevage de ruminants, comme les bœufs, les moutons et les chèvres. Durant le processus de digestion, les micro-organismes présents dans l'estomac des animaux fermentent l'aliment et produisent du méthane. En libérant les gaz stomacaux par la bouche, les ruminants expulsent le CH₄ dans l'atmosphère. « Ce n'est pas la flatulence du bœuf qui libère le gaz. C'est le rot », explique l'ingénieur agronome Jean Ometto, de l'Inpe, qui n'a pas participé à l'étude de ses collègues Basso et Gatti. « Investir dans l'amélioration de la qualité des pâturages pour le troupeau est un moyen de diminuer la production de gaz par fermentation entérique ».

Dans le nouvel article, la quantité de méthane libérée en Amazonie a été calculée à partir d'une base de données de mesures de concentration de CH₄ provenant de 590 échantillons d'air obtenus pendant toute la période de l'étude. Des profils verticaux de l'atmosphère ont été recueillis deux fois par mois avec un petit avion, entre 300 mètres (m) et 4,4 kilomètres (km) d'altitude, dans quatre régions d'Amazonie : à 100 km au nord d'Alta Floresta (État du Mato Grosso sud-est de la région) ; à 40 km au sud de Santarém (État du Pará, au nord-est) ; à 300 km à l'est de Rio Branco (État de l'Acre, au sud-ouest) ; et à Tabatinga et Tefé (État d'Amazonas, au nord-ouest). Ces mêmes profils ont aussi été utilisés dans d'autres études du groupe de Gatti pour calculer l'émission de CO₂ en Amazonie pendant cette période (voir Pesquisa FAPESP n° 306).

De l'avis du biologiste Philip Fearnside de l'Institut national de recherche sur l'Amazonie (In-

Origine du méthane en Amazonie

Processus à l'origine du gaz à effet de serre entre 2010 et 2018



SOURCE BASSO, L. S. ET AL. COMMUNICATIONS EARTH & ENVIRONMENT. 2021

pa), qui n'a pas participé à l'étude coordonnée par l'Inpe, « la production élevée de méthane dans les zones inondées d'Amazonie n'est pas une surprise. [...] Ces estimations ont augmenté récemment, avec la découverte, par exemple, d'émissions substantielles par les arbres de forêts inondées ». Le chercheur rappelle qu'il y a une libération importante de méthane dans les réservoirs créés par les grandes centrales hydroélectriques construites en Amazonie, comme Balbina (Amazonas) et Belo Monte (Pará), qui ont inondé de grandes étendues de forêt. Les fleuves de ces régions, dont le débit est contrôlé par les barrages, sont également des sources de ce gaz à effet de serre. Des études indiquent qu'au Brésil, la plus grande partie du méthane produit par la fermenta-



tation entérique des ruminants provient de zones situées en dehors de l'Amazonie, qui concentrent plus de la moitié des 220 millions de têtes de bétail du pays, le plus grand troupeau de la planète. « Mais actuellement, près de 40 % du bétail brésilien est déjà créé en Amazonie et ce pourcentage ne cesse d'augmenter », souligne Gatti.

Si le poids des feux de forêt et de l'élevage dans la production de méthane est encore relativement modeste en Amazonie, ces activités deviennent des sources chaque fois plus importantes au fur et à mesure de l'augmentation de la déforestation dans un secteur du biome. Dans le sud-est de la région, qui est plus touché par l'occupation humaine, la production de CH₄ issue de l'élevage et des brûlis représente 48 % du total des émissions du gaz. Dans les zones inondables du nord-est de l'Amazonie, la libération naturelle de méthane est jusqu'à trois fois plus importante que prévu.

Le réchauffement climatique mondial est provoqué par l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre par rapport au taux qui prévalait pendant ladite période préindustrielle, au milieu du XIX^e siècle. L'augmentation de ce paramètre entraîne un réchauffement de la planète. Ces gaz absorbent l'énergie et retiennent la chaleur dans la couche d'air qui entoure le globe. Depuis la révolution industrielle, la température moyenne de l'atmosphère de la planète a augmenté d'environ 1,1 degré Celsius (°C). Au cours des 150 dernières années, la contribution cumulée du méthane à l'augmentation de la température moyenne de la planète a été environ un tiers inférieure à celle du dioxyde de carbone.

C'est pour cette raison, en plus d'autres particularités du CH₄, comme sa courte durée de vie

dans l'atmosphère (environ 12 ans, alors que celle du CO₂ atteint 120 ans), que les discussions sur la lutte contre les changements climatiques se sont excessivement concentrées sur les objectifs de réduction des émissions de dioxyde de carbone. Mais cette situation a changé récemment et les études sur le méthane occupent désormais de plus en plus de place dans les articles scientifiques et dans les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Lors de la dernière conférence des Nations unies sur le changement climatique, la COP 26 en novembre 2021, le Brésil faisait partie d'un groupe d'un peu plus de 100 pays qui se sont engagés à réduire les émissions de méthane de 30 % d'ici à 2030 par rapport aux niveaux de 2020. Chaque année, le pays est le cinquième émetteur de méthane de la planète, derrière la Chine, la Russie, les États-Unis et l'Inde.

Ometto estime qu'« investir dans la réduction des émissions de méthane peut avoir des impacts plus rapides sur la lutte contre le réchauffement de la planète et les changements climatiques ». L'explication est simple. Sur une courte période, par exemple deux décennies, 1 kg de méthane génère 80 fois plus de chaleur dans l'atmosphère que la même quantité de dioxyde de carbone. « Le CH₄ a un impact énorme dans les premières années suivant l'émission, mais il reste peu de temps dans l'atmosphère. Le CO₂, quant à lui, a un léger effet chaque année, mais il dure environ 10 fois plus longtemps », explique Fearnside. Le problème est qu'après avoir connu une période de stabilité entre 1999 et 2006, les émissions mondiales de méthane sont reparties à la hausse. En septembre 2021, elles ont atteint la plus grande concentration de l'histoire, soit 1 900 parties par milliard. « En plus des sources connues, il doit y avoir des processus pas très bien compris associés à la production de méthane. Dans notre étude, nous avons vu, par exemple, qu'il doit y avoir une importante source encore non identifiée de méthane dans le nord-est de l'Amazonie. Mais nous n'avons toujours pas découvert de quoi il s'agit », précise Basso. ■

Les activités humaines, brûlis et élevage de bétail réunis, produisent ensemble un quart du méthane qui sort de la grande forêt tropicale sud-américaine



Projet

Variation interannuelle du bilan de gaz à effet de serre dans le bassin amazonien et contrôles dans un monde touché par le réchauffement et les changements climatiques - Carbam : Étude à long terme du bilan de carbone de l'Amazonie (n°16/02018-2) ; **Modalité** Projet thématique ; **Programme** Recherches sur les changements climatiques mondiaux ; **Chercheuse responsable** Luciana Vanni Gatti (Inpe) ; **Investissement** 4 436 420,43 reais BRL.

Articles scientifiques

BASSO, L. S. *et al.* « Amazon methane budget derived from multi-year airborne observations highlights regional variations in emissions ». **Communications Earth & Environment**. 29 nov. 2021.
SAUNOIS, M. *et al.* « The Global Methane Budget 2000-2017 ». **Earth System Science Data**. v. 12, n. 3. juill. 2020.

GÉNÉTIQUE



Peuple amérindien
de l'ethnie
Guaraní-Kaiowá,
l'un des peuples
parlant la langue tupi

ASCENSION ET DÉCLIN DES TUPI

La population parlant la langue tupi a compté entre 4 et 5 millions d'individus il y a mille ans et a commencé à décliner rapidement avant l'arrivée des Européens

Ricardo Zorzetto

Pendant une période de presque 10 siècles, les peuples autochtones d'Amérique du Sud parlant les langues tupi ont prospéré et se sont dispersés sur de vastes régions du continent. Dans un événement démographique et migratoire qui a commencé il y a près de 3 000 ans, ils ont quitté le sud-ouest de l'Amazonie, traversé des rivières et des terres pour occuper la côte atlantique jusqu'au pied des Andes, et atteint également des territoires au sud du Río de la Plata – certaines de ces régions sont à plus de 5 000 kilomètres (km) l'une de l'autre. Connue sous le nom d'expansion Tupi, cette diaspora a duré plus d'un millénaire et trouve probablement un seul parallélisme avec la dissémination des peuples de langue bantoue de l'ouest vers l'Afrique centrale et australe, qui s'est produite plus ou moins au cours de la même période.

Les analyses des caractéristiques génétiques de 75 individus appartenant aux 13 peuples actuels de langue tupi suggèrent désormais que cette expansion territoriale a pu s'accompagner d'une croissance démographique importante, qui a multiplié la population tupi par 100. En comparant l'étendue des extraits du génome partagés par les membres de ces groupes ethniques, l'équipe coordonnée par la généticienne Tábita Hünemeier, de l'Université de São Paulo (USP), a conclu que cette augmentation de la population aurait commencé il y a environ 2 100 ans et atteint son apogée vers l'an 1000, lorsque, selon les calculs, la population Tupi aurait pu totaliser entre 4 millions et 5 millions d'individus, un contingent presque com-

parable à celui qui intégrera la population de l'Empire Inca dans la Cordillère des Andes quelques siècles plus tard.

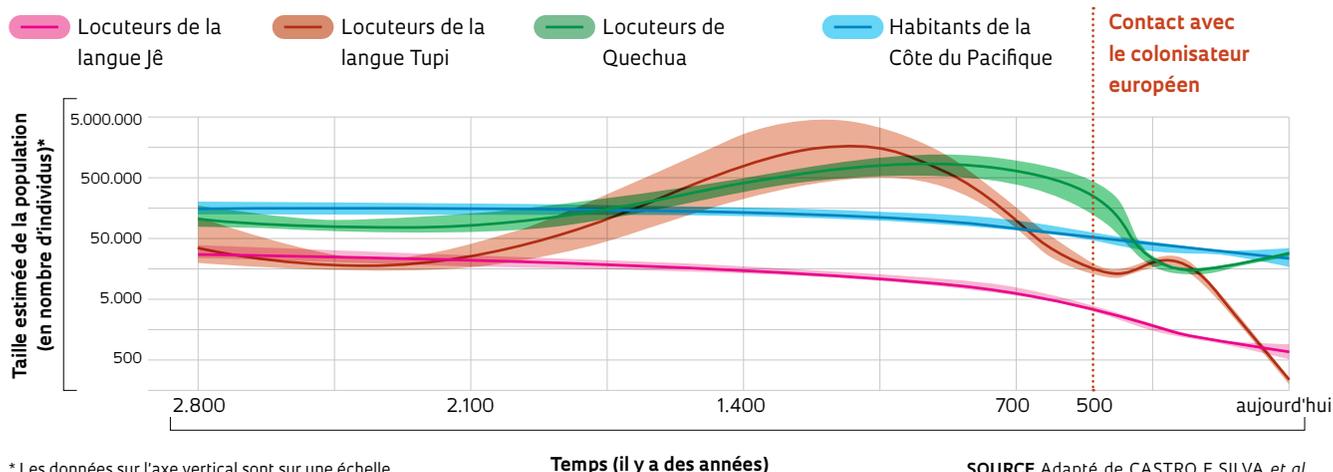
Immédiatement après son apogée, la vaste nation Tupi serait entrée dans un déclin considérable pendant les cinq siècles suivants, aggravé après l'arrivée du colonisateur européen, selon des estimations présentées dans un article paru le 7 décembre 2021 dans la revue *Molecular Biology and Evolution*. « Personne ne se doutait à quel point la réduction de la population des Tupi avait été dévastatrice. Les estimations précédentes suggéraient une diminution de 90 % de cette population. Nos données indiquent qu'il était de l'ordre de 99 %, inférieur seulement à l'effondrement auquel les Aztèques ont été confrontés après l'arrivée des conquérants espagnols », affirme Hünemeier.

« Ce travail est une référence pour l'archéologue intéressé par l'expansion des Tupi, car il apporte des informations génétiques à un débat qui, jusque-là, était basé sur des données archéologiques et linguistiques », commente l'archéologue Adriana Schmidt Dias, de l'Université fédérale de Rio Grande do Sul (UFRGS), spécialiste de l'histoire et de l'archéologie indigènes de la période précoloniale.

L'augmentation expressive de la population suggérée par la génétique renforce l'hypothèse présentée en 1984 par l'archéologue José Proenza Brochado, de l'État du Rio Grande do Sul. Sur la base des évidences prouvant que les ancêtres des peuples de langue tupi produisaient déjà des objets en céramique et pratiquaient une forme précoce d'agriculture, Brochado pense que cette dispersion des Tupi serait née de l'augmentation continue de la population et du besoin

DES HAUTS ET DES BAS DES INDIGÈNES SUD-AMÉRICAINS

Le graphique montre l'évolution démographique de quatre groupes de population, avec des périodes d'expansion et de rétraction d'individus



* Les données sur l'axe vertical sont sur une échelle logarithmique pour faciliter sa visualisation

SOURCE Adapté de CASTRO E SILVA *et al.* *Molecular Biology and Evolution*. 8 déc. 2021

de chercher de nouvelles terres pour produire des aliments, et pas seulement une conséquence des changements climatiques. Dans une première hypothèse, formulée dans les années 1920, des anthropologues et linguistes suggéraient que la réduction des surfaces forestières, due aux changements climatiques à cette époque, aurait contraint les ancêtres des locuteurs de la langue tupi - qui vivaient de la chasse, de la pêche et de la cueillette de fruits -, à migrer à la recherche de nourriture (voir *Revista Pesquisa FAPESP n° 288*).

Une preuve de l'impact que cette expansion a pu causer à l'époque est l'assimilation culturelle probable du peuple Kokama, originaire de la partie péruvienne de l'Amazonie. Les membres de ce peuple parlent tupi depuis de nombreuses générations, mais l'équipe de l'USP a maintenant constaté qu'ils sont génétiquement beaucoup plus proches des Chamicuro, leurs voisins de langue arawak, que d'autres groupes de langue tupi. « Cela pourrait être une première confirmation de l'assimilation culturelle résultant de l'expansion tupi, aspect déjà suggéré par les études linguistiques mais qui n'avait pas encore été démontré par d'autres outils », dit Hünemeier.

Une estimation de ce qu'a pu vivre la population Tupi au long de presque 100 générations intègre une analyse plus large menée par l'équipe de l'USP, qui aide à comprendre comment les groupes ethniques autochtones ont interagi avant l'arrivée des Européens sur le continent sud-américain et comment l'influence de la relation réciproque qu'ils exerçaient les uns sur les autres a contribué à former les groupes autochtones d'aujourd'hui. Dans le travail publié dans *Molecular Biology and Evolution*, qui rassemble l'un des plus grands échantillons jamais étudiés de matériel génétique de populations indigènes de l'Amérique du Sud, le généticien Marcos Araújo Castro e Silva, premier auteur de l'article, a également comparé les caractéristiques génétiques des groupes de locuteurs de langues tupi avec ceux de 229 autres individus de 39 populations autochtones parlant d'autres langues et qui sont répartis dans le centre-ouest du Brésil, l'Amazonie, les hauts plateaux des Andes et aussi dans la région côtière de l'océan Pacifique.

À partir de cette comparaison, qui fait partie du doctorat de Castro e Silva réalisé sous la direction de Hünemeier, une conclusion contredit une ancienne vision de l'archéologie et de l'anthropologie qui affirmait que, en raison de l'influence d'une séparation physique imposée par la Cordillère des Andes, les

peuples des hautes terres andines et de la côte pacifique, à l'extrême ouest du continent, gardaient d'importantes distinctions génétiques des habitants des vastes étendues de basses terres et de plaines couvertes de forêts et de savanes de la partie orientale de l'Amérique du Sud. Le travail actuel n'a pas trouvé de différences marquantes.

Peut-être influencée par le récit historique des conquérants espagnols des terres andines, qui, comme les Incas, considéraient la forêt amazonienne comme redoutable et impénétrable, cette idée - ladite division Andes-Amazonie - n'a commencé à être vraiment remise en question au cours des quinze dernières années. Pendant longtemps, les spécialistes de la formation des peuples autochtones d'Amérique du Sud ont vu la transition drastique et soudaine du paysage entre les sommets des Andes et les basses terres de l'Amazonie (peut-être sans précédent dans d'autres régions du monde) comme une barrière physique presque insurmontable. Pour cette raison, après leur arrivée en Amérique du Sud, il y a au moins 15 000 ans, les populations qui se sont installées à l'ouest et à l'est du continent auraient peu interagi entre elles. Cette interprétation était corroborée par des preuves historiques et même par des données génétiques initiales indiquant que les Andes et la côte du Pacifique abritaient

SEPT GRANDES FAMILLES

Répartition des 52 ethnies sud-américaines suivant des clusters de similarité génétique



des sociétés vastes et complexes, connectées les unes aux autres, tandis qu'en Amazonie, des petits groupes isolés de population prédominaient.

Dans l'étude actuelle, l'équipe de l'USP n'observe pas de division génétique marquée entre les peuples actuels de l'ouest et de l'est, ce qui serait le cas si la division Andes-Amazonie était notoire.

Au contraire, les données montrent une transition graduelle de l'ouest vers l'est, avec une diminution légère, mais perceptible, de la diversité génétique. Cette réduction de la variabilité s'explique par le fait que la chaîne de montagnes et la côte pacifique abritaient des populations à certaines époques très importantes et très connectées, ce qui explique qu'au

fil des générations elles soient devenues plus homogènes entre elles sans perdre en diversité. D'autre part, les populations les plus petites avec moins d'interactions, comme celles des basses terres de l'Amazonie, ont tendance à montrer une réduction de la variabilité et à devenir intérieurement homogènes (il y a une plus grande homogénéité intrapopulation) et plus distinctes par rapport aux autres populations. « L'Amazonie est peut-être la région des Amériques où les peuples autochtones ont la plus faible diversité génétique, probablement l'une des plus faibles au monde », déclare Castro e Silva. Malgré la réduction de la diversité, il n'y a pas d'isolement génétique entre l'ouest et l'est. Les populations de l'ouest de l'Amazonie et du versant oriental des Andes maintiennent un niveau de connexion génétique avec celles des hautes terres et de la côte pacifique similaire à celui observé entre elles et celles des basses terres de l'Amazonie. Pour cette raison, les Kokama et Chamicuro, au Pérou, et les Suruí, Karitiana, Munduruku et Gavião, dans l'ouest de l'Amazonie, fonctionnent comme des populations de suture entre celles de l'est et de l'ouest du continent. Si l'interaction – et l'échange de matériel génétique qui en découle – entre les peuples des basses terres de l'Amazonie et ceux des Andes et de la côte pacifique a diminué après le contact avec les colonisateurs européens, elle a été beaucoup plus élevée à l'époque précolombienne, révélant des segments identiques du génome partagés par différentes populations actuelles.

« Le mélange génétique des lignées andines et amazoniennes dans les populations du versant oriental des Andes élimine les fausses idées sur une division stricte entre les Andes et l'Amazonie, mais nous devons encore concilier ce caractère génétique avec les découvertes culturelles sur le commerce et les échanges dans la direction opposée de l'Amazonie aux Andes », a déclaré à la revue *Pesquisa FAPESP* l'anthropologue moléculaire italienne Chiara Barbieri, de l'Université de Zurich, qui est venu il y a quelques années en Amérique du Sud pour recueillir des échantillons de matériel génétique de peuples andins au Pérou, en Colombie et en Bolivie. ■

Le projet et l'article scientifique consultés pour cet article sont répertoriés dans la version en ligne.

INDICATEURS

LA MÉTRIQUE DU DYNAMISME

Ligne de production
de WEG, à Santa
Catarina, un des plus
grands fabricants
mondiaux
d'équipements
électriques



Un groupe propose une méthodologie pour évaluer les impacts de l'innovation sur la base de la performance des entreprises qui génèrent beaucoup d'emplois

Fabrício Marques

Un groupe d'économistes et de chercheurs d'institutions comme le Sénat fédéral et l'Institut brésilien de géographie et de statistique (IBGE) suggère une nouvelle approche pour surveiller l'impact de l'innovation sur l'économie des pays : cette approche s'intéresse aux performances des entreprises innovantes et génératrices d'un nombre croissant d'emplois. La méthodologie utilise les données que les entreprises brésiliennes fournissent périodiquement à la Recherche sur l'innovation (Pintec) ainsi que les informations du Registre central des entreprises (Cempre), tous deux organisés par l'IBGE.

D'après l'étude publiée en septembre dernier dans *Revista Brasileira de Inovação*, le contingent d'entreprises qui a augmenté de plus de 20 % par an son nombre d'employés était d'environ 9 000 entre 2008 et 2014, et ce, dans un univers de plus de 100 000 entreprises brésiliennes de plus de 10 salariés. Pendant cette période, entre 43 et 49 % de ces entreprises ont généré un certain type d'innovation. Sur la base d'analyses statistiques, les auteurs proposent la création d'un ensemble d'indices baptisé Dinnov – en référence aux mots « dynamiques » et « innovantes » – pour mesurer la participation à l'économie des entreprises qui répondent à ces deux qualifications. La famille est composée de quatre indices différents qui, comme le soulignent leurs créateurs, sont plus faciles à comprendre que d'autres mesures actuellement

en vigueur. Le Dinnov-entreprises, par exemple, comprend le nombre d'entreprises dynamiques et innovantes par rapport au nombre total d'entreprises. De la même manière, le Dinnov-emploi est calculé en divisant le nombre d'employés des entreprises innovantes par le nombre d'employés de l'ensemble des entreprises. Le Dinnov-valeur ajoutée concerne la richesse produite par les entreprises dynamiques et innovantes. Le quatrième indice est le Dinnov-Simplex, qui fait le lien entre la participation des entreprises dynamiques et innovantes et les taux d'innovation et d'entreprises à forte croissance d'un pays.

Eduardo Baumgratz Viotti, économiste, conseiller législatif du Sénat fédéral pour les questions de politique scientifique et technologique et auteur principal de l'article, se demande : « Finalement, la principale question à laquelle il faut répondre est : quelle partie du dynamisme ou de la croissance de l'économie est-elle expliquée par l'innovation ? ». Il rappelle que le progrès économique d'un pays basé sur l'innovation est souvent lié à des gains de productivité et de compétitivité, et que l'idée d'associer ces deux concepts – dynamisme et capacité d'innover – dans un indice peut être utile pour évaluer les bénéfices pour l'économie et la société. « La croissance économique et l'innovation sont liées dans un cercle vertueux. L'innovation contribue à la croissance des entreprises et à la création de nouvelles entreprises et activités économiques. Et quand il y a croissance, les conditions pour

innover sont favorables. En l'absence de croissance, les entreprises doivent lutter pour survivre et les ressources pour investir dans de nouveaux produits et processus sont généralement limitées ».

Pour tester la méthodologie, le groupe a comparé les données du Brésil avec 16 pays européens. Les résultats sont surprenants. Comme les informations disponibles à la Pintec correspondaient à la période 2008-2014, marquée par la croissance de l'économie, la performance du pays était très expressive. Dans cet intervalle, la valeur moyenne de Dinnov-Simplex a été estimée à 2,5 % pour le Brésil, plus de deux fois supérieure à la moyenne des nations européennes, de 1,1 %. La différence ne s'explique pas par les différences entre les taux moyens d'innovation du Brésil et des pays européens au cours de la période, qui étaient similaires : 36,7 % (Brésil) et 36,3 % (pays européens). La raison de cette performance exceptionnelle est liée au fait que le Brésil a présenté un taux moyen d'entreprises à forte croissance de 6,9 % au cours de la période, contre seulement 1,9 % dans la moyenne des nations européennes incluses dans la comparaison. D'après Viotti, « l'économie brésilienne de cette période a connu une croissance moyenne de 3,1 % par an, un taux plus de dix fois supérieur à celui des 16 économies européennes analysées ».

Il reconnaît que davantage d'études seront essentielles pour évaluer l'applicabilité de la méthodologie : « Cet exercice doit être interprété comme une preuve qu'il est possible de calculer les nouveaux indicateurs, mais des recherches supplémentaires, avec des données de périodes plus longues et un plus grand nombre de pays, doivent être réalisées pour éventuellement valider la proposition ». Le manque de données n'a pas permis d'évaluer les indicateurs des années plus récentes, marqués par la récession économique. La dernière Pintec, qui a pour référence 2017, n'a vu ses résultats diffusés qu'en 2021 (voir Pesquisa FAPESP n° 291). Dans cette recherche qui a évalué le comportement des entreprises brésiliennes entre 2015 et 2017, le taux d'innovation a été de 33,6 %, un niveau inférieur au 36 % des années 2012 à 2014. L'analyse de la période 2018-2020



Centre de distribution de CNH Industrial, à Sorocaba (à gauche). Conception d'un avion chez Embraer, à São José dos Campos (en haut)



n'a pas encore commencé à être faite. « La série historique des Pintec, commencée en 2000, est actuellement compromise par le goulot d'étranglement des ressources budgétaires de l'IBGE », explique Viotti.

L'idée d'établir un indice basé sur la performance des entreprises innovantes et dynamiques s'inscrit dans une discussion plus large sur les difficultés de produire des indicateurs pour calibrer la formulation de politiques publiques. Les métriques d'aujourd'hui sont perçues comme restreintes. Un exemple est l'investissement en Recherche & Développement (R&D) par rapport au Produit Interne Brut (PIB) d'un pays. D'après Sandra Hollanda, économiste et consultante pour un programme de la FAPESP sur la construction d'un système d'Indicateurs de science, technologie et innovation pour l'État de São Paulo, « les pays leaders en production manufacturière sont significativement importants en termes de R&D, avec des dépenses élevées et

des objectifs pour les augmenter encore plus. Mais ces indicateurs sont limités pour rendre compte du vaste ensemble d'activités et d'interactions impliquées dans le processus d'innovation ».

Eduardo Viotti souligne qu'il existe un consensus sur le manque de progression de l'innovation dans un pays malgré les progrès de la production scientifique : « Bien que l'innovation occupe une place de plus en plus importante dans les discours, les plans, les programmes et les politiques du domaine, tout indique qu'on a encore beaucoup de mal à apprendre à faire des politiques efficaces d'innovation. Une partie de cette inefficacité est peut-être attribuable à la force de la tradition des politiques du passé, basées sur la conviction simpliste qu'il existerait une relation presque directe entre le montant des ressources investies en R&D et leurs résultats en matière d'innovation technologique ». Certes, l'accent mis sur l'analyse des investissements en R&D, en vigueur depuis les années 1960, a été complété en 1992 par le lancement de directives pour collecter et interpréter des données d'innovation technologique du *Manuel d'Oslo*, de l'Organisation pour la coopération et le développement économique (OCDE). Cette méthodologie, adoptée dans des recherches de plus de 80 pays, définit les différents types d'innovation et leurs caractéristiques.

Au cours de la dernière décennie, le débat sur l'évaluation de l'impact de l'in-



novation a augmenté quand les pays de l'Union européenne ont décidé de créer un nouvel indicateur. Le principe fondamental était que l'innovation vient des entreprises, même si elle dépend d'infrastructure de recherche publique et privée, d'échanges entre universités, corporations et autres partenaires, de législation adaptée et de l'environnement économique. L'objectif était d'armer la stratégie des pays du bloc pour affronter la concurrence des États-Unis et des économies asiatiques. Il a été décidé d'associer les objectifs d'investissements en R&D à une métrique capable de calculer les résultats de l'innovation. En 2010, la Commission européenne a organisé un panel de haut niveau composé d'économistes, de statisticiens et d'entrepreneurs pour mesurer la contribution des entreprises innovantes. De la même manière, on a recherché des paramètres capables de montrer des résultats concrets ainsi que leurs impacts sur la société. Hollanda explique qu'« une préoccupation initiale de l'Union européenne était de tenter de s'éloigner des indicateurs composés. Des indices à plusieurs composants sont généralement intéressants pour sensibiliser et mobiliser la société et produire des comparaisons internationales, mais ils finissent par être peu utiles pour orienter les politiques ».

Après maintes discussions, l'indicateur développé a considéré plusieurs composants telles que les brevets, les

Centre de Recherche, Développement et Innovation de Petrobras, à Rio de Janeiro (à droite). Usine de General Motors, à São Caetano do Sul (ci-dessus)

emplois hautement qualifiés et/ou les entreprises à croissance rapide, l'exportation de produits et de services à forte intensité de connaissances, entre autres. La méthodologie a été critiquée. À cause de l'offre limitée des données, plusieurs composantes ont continué à se baser sur les moyens de production pour l'innovation au lieu de ses résultats concrets. De plus, observe Sandra Hollanda, « des transformations observées dans des périodes récentes, comme la formation de chaînes mondiales d'approvisionnement et la numérisation de l'économie, ont été peu prises en compte dans les indicateurs de l'Union européenne sur les emplois et les exportations ».

La proposition des indices Dinnov a été une tentative de récupération du premier objectif formulé par l'Union européenne, avec une méthodologie plus simple et calquée sur des entreprises innovantes et génératrices d'emplois. Pour l'économiste André Tosi Furtado du Département de politique scientifique



et technologique (DPCT), de l'Université d'État de Campinas (Unicamp), cette nouvelle famille d'indices pourrait être utile pour analyser l'évolution de la performance des entreprises au cours du temps, mais pas forcément efficace pour atteindre d'autres objectifs. Un des problèmes est lié aux comparaisons internationales : « Il ne me semble pas adapté de mettre en relation des entreprises qui créent de nouveaux produits, processus ou services au Brésil et dans des pays européens, d'imaginer qu'elles ont des profils homogènes. La compréhension de ce qu'est l'innovation est certainement différente au Brésil et au Danemark. [...] Des indicateurs comme le taux d'innovation peuvent ne pas être précis pour refléter la performance innovante des entreprises. Il est vrai qu'un effort est fait pour différencier les produits ou processus qui sont seulement innovants pour les entreprises de ceux qui sont destinés au marché national ou au monde, mais cela n'est pas envisagé par Dinnov ».

Furtado indique que l'indicateur du taux d'innovation n'est pas toujours sensible pour faire une caractérisation rigoureuse : « C'est le type de critique faite au Manuel d'Oslo. Le nouvel indicateur de produit de l'Union européenne a évité d'utiliser cette méthodologie, mais elle est présente dans les indicateurs Dinnov ». D'après lui, l'Union européenne a probablement choisi un indicateur composé pour mesurer les résultats de l'innovation en raison de la nécessité de prendre en compte différents phénomènes impliqués dans le processus complexe d'innovation. ■

SUR L'ÉCHIQUIER DE LA SCIENCE MONDIALE

Le chercheur de l'Unicamp parle des défis à venir pour le secrétariat exécutif du Global Research Council, un forum qui réunit 60 agences de soutien à la recherche de tous les continents

Fabício Marques

L'ingénieur en mécanique Euclides de Mesquita Neto, chercheur de l'Université d'État de Campinas (Unicamp) et membre de la coordination adjointe des Programmes spéciaux et collaborations de recherches de la FAPESP, a assumé en septembre le poste de secrétaire exécutif du Conseil mondial de la recherche (GRC), une entité créée en 2012 pour stimuler l'échange de pratiques de gestion entre agences de financement de la recherche. Elle réunit les dirigeants de plus de 60 institutions de ce type sur tous les continents.

Il y représente la FAPESP, sélectionnée pour coordonner le secrétariat exécutif pendant les cinq prochaines années. C'est la première fois qu'une institution de l'hémisphère sud occupe cette fonction, qui a déjà été exercée par National Science Foundation (États-Unis), Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, Allemagne) et United Kingdom Research and Innovation (UKRI, Royaume Uni). Caro-

lina Oliveira Martins Costa, qui intervient à la FAPESP en tant que conseillère en collaboration de recherche, est secrétaire adjointe aux côtés de Mesquita Neto.

Les fonctions de M. Mesquita Neto comprennent la médiation des relations entre les agences affiliées au GRC et ses instances, comme le Conseil d'administration (*Governing board*) et le Groupe de soutien exécutif, et la coordination de stratégies visant à soutenir des initiatives de recherche au niveau mondial sur des sujets tels que le changement climatique. Diplômé de l'Université fédérale de l'État du Paraná, Mesquita Neto est professeur de la faculté de génie mécanique de l'Unicamp depuis 1989. Il a été recteur adjoint de cette université entre 2009 et 2013. Dans cet entretien, il parle des défis liés à ses fonctions au GRC.

Quelles orientations doit prendre le GRC dans les cinq prochaines années ?

Cette année, lors de la réunion annuelle du GRC au Panama, il a été question de

l'avenir de l'organisation. Trois options différentes ont été mises en avant : la première est de continuer à être un forum qui offre un réseau important pour les dirigeants des agences de financement de la recherche du monde entier, où se discutent des questions internationales et des stratégies communes importantes. C'est la fonction classique du GRC au cours de sa première décennie d'existence. La deuxième est d'avancer dans le sens d'articuler et de faciliter la collaboration internationale. Et la troisième serait de créer et de gérer un fonds international pour financer des initiatives mondiales de recherche.

Et qu'est-ce qui a été décidé ?

Sur les trois alternatives, les deux premières sont réalisables. Il existe un consensus sur l'importance de partager et de diffuser les bonnes pratiques entre les agences, et le GRC a un potentiel particulier pour mobiliser différentes institutions. Pendant la pandémie, ce besoin



Mesquita Neto :
échange de pratiques
de gestion entre
agences et articulation
de collaborations
internationales

d'articulation est apparu clairement. En Amérique, le Brésil et le Mexique ont développé des technologies publiques pour produire des respirateurs, mais d'autres pays ont eu plus de difficultés et n'ont pas réussi à y avoir accès. L'autre travail à faire, c'est de trouver et de mobiliser de nouveaux partenaires. Il y a diverses institutions avec lesquelles nous pourrions nous associer. L'une d'elles est le Belmont Forum, un groupe de 27 organismes de plusieurs pays qui financent des projets de recherche sur les changements environnementaux. Au terme de la réunion annuelle au Panama, un groupe s'est formé pour soumettre une proposition au Conseil d'administration afin d'élargir les activités d'engagement multilatéral. Pour ce qui est de l'idée de créer un fonds pour financer des initiatives de recherches mondiales, ce n'est pas si simple. Beaucoup d'agences de financement de la recherche et de l'innovation n'ont pas les moyens légaux de réaliser des investissements en dehors

de leur pays d'origine. Pour l'instant, ce n'est pas la voie que va suivre le GRC.

Qu'est-ce que la FAPESP peut apporter au GRC en assumant la direction du secrétariat exécutif ?

La FAPESP a réussi à faire approuver par le conseil d'administration du GRC sa proposition d'accueillir le secrétariat. Cela signifie que cette communauté de dirigeants d'agences de financement de la recherche perçoit la FAPESP comme une institution qui a un historique de collaboration internationale et de compétence de gestion, et qui travaille avec des valeurs et des principes alignés sur ceux du GRC. Il y a des travaux antérieurs qui ont aidé à qualifier la FAPESP. Nous avons organisé en 2019 la réunion annuelle du GRC à São Paulo. La professeure Ana Maria Fonseca Almeida (Unicamp) participe au groupe de travail sur l'égalité des sexes. Plus récemment, la professeure Alicia Kowaltowski (USP) a rejoint le groupe d'évaluation respon-

sable de la recherche. Nous pouvons faire plus. La FAPESP possède une expérience en communication de la science à la société et au public que la plupart des autres agences n'ont pas. Plusieurs organisations vantent les qualités de la revue *Pesquisa FAPESP*. Il est aussi possible de renforcer les réseaux régionaux d'agences. Le travail de l'Europe et de l'Afrique subsaharienne pour l'intégration des agences et des chercheurs est positif. Nous avons besoin de l'intensifier dans les Amériques et je pense que c'est ce que nous sommes en train de faire. Jusqu'à présent, le GRC a surtout traité des questions liées à la gestion et au financement de la recherche, mais il peut s'intéresser à d'autres topiques de recherche qui auront un impact sur les agences. L'intelligence artificielle en est un exemple. Comment les agences devront-elles s'engager, ou non, dans la formulation de politiques ou de réglementations pour l'intelligence artificielle ? Il existe d'autres thèmes qui ont un grand

impact sur le futur de la recherche et des sociétés, et sur lesquels les agences ont besoin de réfléchir. Je pense notamment au changement climatique, à la transition énergétique, à la cybersécurité, à la protection des données, à l'accès ouvert à la connaissance et aux publications scientifiques. Il faut savoir que si le secrétariat exécutif dialogue avec toutes les agences et a un certain pouvoir de conduite à tenir, c'est le conseil d'administration qui donne l'orientation générale.

Jusqu'où va la capacité à induire des comportements ?

Il y a plusieurs limites. Les pays ont des politiques qui ne se parlent pas toujours entre elles. Certains n'ont pas de politiques et de lignes de financement pour la collaboration internationale. Aux États-Unis, National Science Foundation possède une longue tradition d'encouragement de la collaboration internationale à travers des projets approuvés pour ses chercheurs. L'Union européenne a une autre tradition. Ses pays interagissent et travaillent sur des programmes conjoints, comme le Programme Horizon Europe de la Commission européenne. L'Afrique subsaharienne est une région qui a une expérience d'intégration très intéressante. Là, il y a une initiative appelée Science Granting Councils Initiative dans laquelle l'Afrique du Sud joue un rôle majeur. Le GRC a élaboré et approuvé un document sur la manière dont il doit se développer dans le futur et sur les stratégies à mettre en place. L'un des points les plus importants est de consolider la participation régionale au sein du GRC. C'est un travail décisif qu'il faut développer au cours des prochaines années, et le secrétariat exécutif peut exercer un rôle significatif. Il existe des tensions politiques entre différents pays, mais la diplomatie scientifique a été et reste un instrument pour aider à favoriser les collaborations.

Lors de la réunion du GRC à São Paulo, en 2019, un des sujets abordés a été le rôle de la science fondamentale et la pression des gouvernements et des sociétés sur les institutions de recherche pour générer des applications présentant un intérêt économique. Ce débat a-t-il évolué ?

La pression pour des résultats plus tangibles et applicables continue d'augmenter, de même que la quête d'une science

ayant un impact. Il est difficile de l'éviter. Quand les Nations Unies ont créé les Objectifs de développement durable, par exemple, elles ont envoyé un signal au système de recherche, qui a élaboré des programmes pour suivre cet agenda. Une perspective complémentaire vient de l'agence allemande, la DFG [Fondation allemande de recherche], qui met l'accent sur l'importance de ne pas abandonner l'investissement en science fondamentale. Dans ce processus de génération de connaissances, ils ont une qualification intéressante, qui est celle des inconnus connus (*known unknowns*) et des inconnus inconnus (*unknown unknowns*). Quel est l'exemple d'un « inconnu connu » ? Prenez la question du développement d'un vaccin contre le virus de la Covid-19. Vous ne savez pas encore comment réussir, mais vous savez ce que vous voulez faire, quelle est la cible. Par contre, les « inconnus inconnus » sont d'une autre nature. Vous n'avez pas idée de ce dont vous allez avoir besoin, mais vous devez créer un stock de connaissances susceptibles d'être utilisées dans des situations futures qui peuvent être totalement inattendues, comme l'apparition d'une nouvelle pandémie. Le prix Nobel de physique de 2022 a récompensé la recherche sur le phénomène d'intrication des atomes. Le physicien français qui a gagné le Nobel en 2012, Serge



Il existe des tensions politiques entre différents pays, mais la diplomatie scientifique est un instrument qui favorise les collaborations

Haroche, a déclaré au magazine Nature que ce thème est « une démonstration de l'utilité de la connaissance inutile ». Ça a commencé comme une curiosité de science fondamentale et aujourd'hui cela peut devenir la base de l'informatique quantique avec des implications associées à la cryptographie, la cybersécurité et une forte augmentation de la capacité informatique à utiliser dans la science et dans d'autres domaines d'activité. À la FAPESP, nous soutenons la recherche appliquée, la recherche fondamentale et la recherche appliquée à l'innovation et tournée vers la résolution de problèmes. Tout est réuni dans une même entité.

Quel est le risque de privilégier le financement de la science appliquée plutôt que la science fondamentale ?

C'est précisément de ne pas disposer d'un stock de connaissances de base dans lequel puiser pour faire de la science appliquée. Mais il y a d'autres problèmes. Pour en revenir aux Allemands, ils restent prudents quand ils utilisent la science pour promettre à la société la résolution de ses problèmes. Ils considèrent que si les promesses sont exagérées, la société finira par être frustrée et il y a même un risque de délégitimer la science. Je partage cette préoccupation. Il y a eu un moment pendant la pandémie, lorsque les vaccins ont commencé à être produits, où la science a gagné beaucoup de légitimité. Mais cela ne se maintient pas nécessairement de manière continue. Malgré le grand succès de la science dans la promotion de solutions et la « facilitation » de la vie des gens, les pressions et les exigences de la société augmentent et, paradoxalement, le négationnisme se développe également ici.

Vous avez mentionné le Forum Belmont, qui finance des collaborations dans le domaine des changements climatiques, comme un partenaire possible du GRC. Le réchauffement climatique est une préoccupation qui figure à l'ordre du jour du forum. Comment cela a-t-il évolué ? Nous allons évoquer les responsabilités de la science sur la question du changement climatique pendant la prochaine réunion annuelle du GRC, qui débutera fin mai 2023 et se tiendra à La Haye, en Hollande. Le physicien Paulo Artaxo (USP), la biologiste Patrícia Morellato (Unesp) et le chercheur Jean Ometto (Inpe), qui

sont les coordinateurs du programme de recherche sur les changements climatiques globaux de la FAPESP, ont préparé un texte qui sera discuté lors de la réunion et qui a été très bien accueilli par le GRC. Dans ce texte, ils suggèrent la création d'une initiative du Conseil mondial de la recherche sur le changement climatique. Il ne s'agit pas seulement d'un texte sur le changement climatique. La proposition consiste à créer une initiative. Ils mentionnent que les problèmes des changements climatiques sont mondiaux et qu'il faut des solutions issues de la science, mais que ces solutions peuvent avoir besoin d'éléments locaux. Le document dit très clairement qu'il faut investir dans l'atténuation tout en préparant un programme d'adaptation. De fait, les politiques publiques visant à réduire le réchauffement ne se sont pas avérées suffisantes jusqu'à présent et la chose la plus réaliste est d'utiliser la science pour atténuer le changement climatique et pour s'adapter à ses effets.

Où en est la recherche d'indicateurs et de métriques qui favorisent une évaluation équitable et responsable ? Y a-t-il un consensus minimum sur le sujet ?

Le GRC a pour coutume de choisir deux sujets à discuter dans ses réunions annuelles. Ces sujets deviennent généralement des déclarations de principes à adopter et à mettre en œuvre par les agences qui participent au conseil. Pour l'année 2023, le deuxième sujet concerne la reconnaissance et la récompense de l'activité de recherche et du chercheur. L'agence de financement hollandaise NWO est chargée de produire ce document. Encore en phase de préparation et de discussion, le texte met en évidence les aspects à prendre en compte pour évaluer et reconnaître les mérites des chercheurs et de leurs propositions, parmi lesquelles la nécessité de diversifier les carrières, de trouver un équilibre entre les activités individuelles du chercheur et ses contributions à la collectivité, aux départements, aux facultés, etc. Ce sont des aspects liés au travail du groupe d'évaluation de la recherche responsable [Responsible Research Assessment Group], qui réfléchit à la manière d'évaluer la qualité de la contribution pour ne pas se baser uniquement sur les indicateurs quantitatifs, mais pour valoriser aussi des aspects tels



La pression pour des résultats plus tangibles et applicables continue d'augmenter, de même que la quête d'une science ayant un impact

que le leadership universitaire ou l'histoire de vie de chaque individu – à titre d'exemple, l'impact de la maternité sur la vie de la chercheuse ou du chercheur. Il existe un grand consensus sur le besoin de diversification des métriques et une critique importante de l'utilisation du facteur d'impact de revues pour évaluer les auteurs de leurs articles. Le défi est d'évaluer le chercheur en comprenant l'étendue de sa contribution, quelque chose qui est beaucoup plus subtil que de compter les articles et les citations. À mon avis, le problème sera de le mettre en place. Dans la plupart des agences, il subsiste encore une culture ancrée sur l'emploi d'indicateurs numériques dans les processus d'évaluation.

Un autre sujet de discussion est l'adoption de pratiques de ladite science ouverte, un milieu marqué par une dynamique de collaboration vigoureuse, avec un accès ouvert à la connaissance et un vaste partage des données. Quelle est la position du GRC sur ce point ?

Il s'agit d'un autre grand défi et, dans ce cas, je vois qu'il est difficile d'arriver à un consensus. Diverses régions, ou même des agences de financement, ont tendance à aborder le problème de manière très différente. En Europe, il existe un mouvement important pour la science ouverte, fondé sur l'idée que la connaissance gé-

nérée avec des ressources publiques doit devenir publique. En revanche, d'autres pensent que produire des connaissances doit être synonyme de propriété intellectuelle et gains économiques. Le GRC et d'autres forums internationaux devront travailler dans cet espace à partir de différentes perspectives.

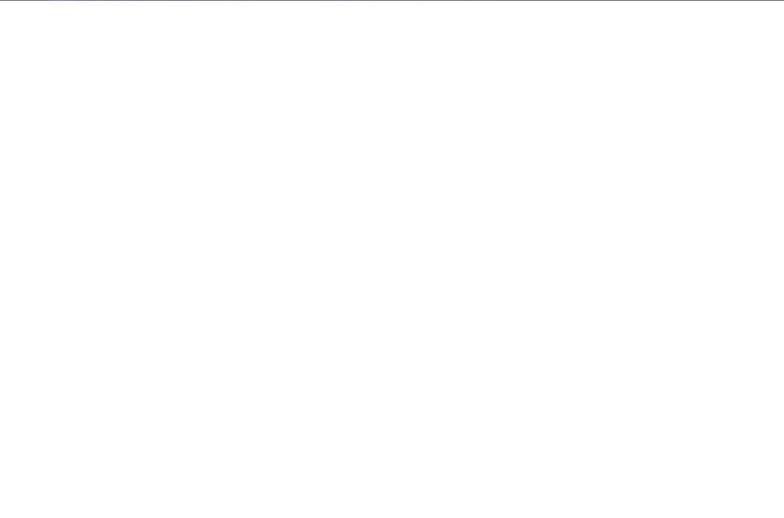
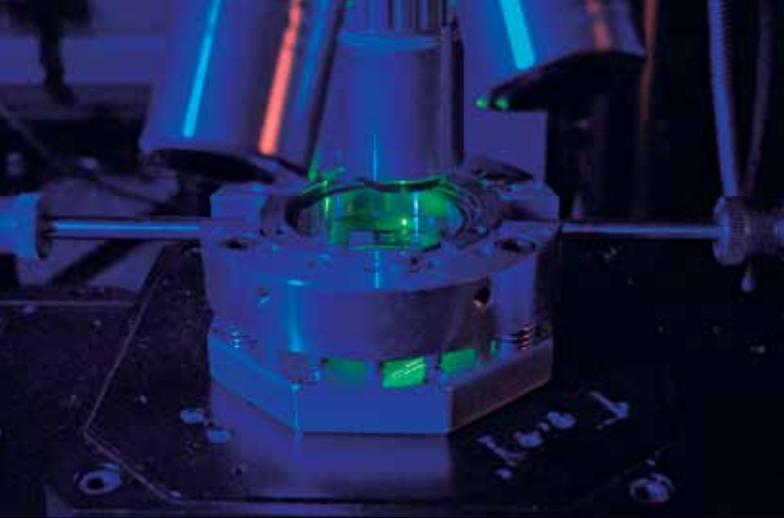
Le GRC a aussi un groupe de travail qui cherche à promouvoir l'équilibre de genre dans la science. Quels sont les fruits de ce travail ?

L'objectif initial était de réduire l'inégalité de genre dans l'activité scientifique et dans les processus d'évaluation des agences. Une des personnes importantes à la tête de ce groupe a été la professeure Ana Almeida, de l'Unicamp et de la Coordination adjointe de la direction scientifique de la FAPESP. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont prometteurs. Au départ, une enquête a été réalisée sur les problèmes d'inégalités de genre dans des agences de différentes régions. Dans un second travail, diffusé en 2021, le groupe a désagrégé les informations pour des résultats plus détaillés. Désormais, le groupe de travail possède plusieurs indicateurs qui permettent d'élaborer des recommandations politiques pour les agences en vue de diminuer l'asymétrie de genre. Les résultats des recherches confirment que dans de nombreux pays d'Europe et même d'Amérique, la proportion de femmes qui bénéficient d'un financement est d'environ 20 % du total. Les indicateurs de la FAPESP sont plus confortables, mais il est tout de même important de se pencher plus attentivement sur les données et de penser à des politiques actives pour faire face à l'asymétrie de genre. La discussion sur l'égalité de genre a une interface avec le groupe sur l'évaluation responsable de la recherche, car il faut revoir les procédures et les métriques qui perpétuent ces asymétries. L'an dernier, le groupe sur l'inégalité de genre du GRC a émis une proposition qui a été approuvée par le Conseil d'administration, dans laquelle son objectif pour les cinq prochaines années est élargi aux questions d'équité, de diversité et d'inclusion (EDI). La proposition a été approuvée et le défi des prochaines années est de contribuer à cet agenda de l'EDI sans perdre la dimension de l'asymétrie entre les sexes. ■

FINANCEMENT



RENFORT





Des bureaux de science et de technologie liés aux forces armées des États-Unis appuient des projets de recherche fondamentale au Brésil

Rodrigo de Oliveira Andrade



EXTÉRIEUR

Les États-Unis sont parmi les nations qui investissent le plus en science, ils créent des passerelles entre le travail universitaire sans but pratique apparent et la recherche d'innovations technologiques – on estime que près de 50 % des dépenses publiques en recherche et développement (R&D) dans ce pays viennent du département de la défense. Mais ces ressources ne se limitent pas à son territoire. Depuis au moins 10 ans, les États-Unis financent des projets d'institutions brésiliennes par l'intermédiaire de bureaux de science et technologie (S&T) liées à leurs forces armées.

Les investissements se concentrent surtout dans les domaines de l'intelligence artificielle, la robotique, la biotechnologie, l'énergie, les matériaux, la nanotechnologie, l'optoélectronique, entre autres, associés aux technologies dites transversales, capables d'impliquer et de transformer différents secteurs productifs au cours des prochaines décennies (voir *Pesquisa FAPESP*, n° 306). Pour Kyle Gustafson, représentant dans le pays du Bureau de recherche de la Marine (*U.S. Office of Naval Research Global*, ONR-G), « le Brésil produit une connaissance scientifique de grande qualité, qui peut compléter les efforts des États-Unis en science

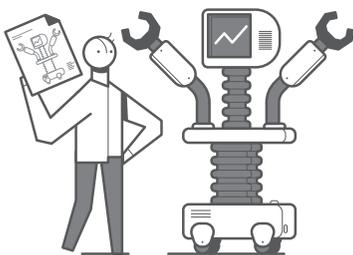
et technologie. [...] Dans ce sens, les collaborations peuvent être mutuellement bénéfiques ».

L'ONR-G et le Centre international de technologie du commandement du développement des capacités de combat de l'armée des États-Unis (DEVCOM) ont déjà investi un peu plus de 5,3 millions de dollars US dans des projets au Brésil depuis 2014. En février 2022, le Brésil a aussi accueilli le Bureau Sud de Recherche et développement aérospatial (SOARD), une filiale du Laboratoire international de recherche de l'armée de l'air américaine (AFOSR), devenant ainsi l'un des rares pays à abriter des bureaux des trois forces armées ; l'AFOSR finance des travaux au Brésil depuis un certain temps, mais jusqu'à cette année il le faisait depuis sa filiale chilienne de Santiago.

L'investissement dans la science fondamentale est une tradition ancienne aux États-Unis. Selon les données de National Science Foundation publiées en juin, le pays a appliqué – rien qu'en 2019 – 102,9 milliards de dollars US dans des études qui visent à élargir la connaissance sans se soucier d'obtenir des applications immédiates ; sur ce montant, 33,7 milliards de dollars US (32,7 %) viennent d'entreprises, en particulier dans les domaines des produits pharmaceutiques et des médicaments, et de l'industrie de l'information. Depuis les années 1940,

Financement, mode d'emploi

Les principaux doutes pour obtenir des ressources des bureaux de S&T des États-Unis

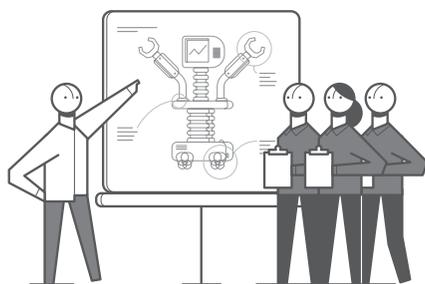


1. À QUI EST DESTINÉ LE FINANCEMENT

Les chercheurs qui développent des projets en science fondamentale dans des domaines tels que l'intelligence artificielle, la robotique, la biotechnologie, l'énergie, les matériaux, la nanotechnologie, l'optoélectronique, entre autres

2. COMMENT SE FAIT LE PREMIER CONTACT

À l'occasion des visites des représentants des bureaux dans les universités et les instituts de recherche, dans des réunions lors d'événements scientifiques où à l'initiative des chercheurs eux-mêmes, qui peuvent prendre contact et présenter leurs projets



3. COMMENT DEMANDER DES RESSOURCES

Les demandeurs soumettent un résumé de leur idée au bureau d'intérêt, qui évaluera son potentiel d'innovation et son adéquation avec les domaines d'intérêt des forces armées



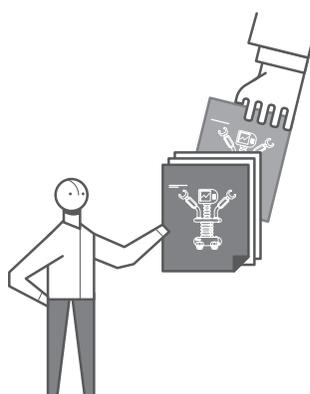
4. COMMENT DÉPENSER L'AIDE OBTENUE

Les scientifiques sont libres d'administrer les ressources, ils peuvent les utiliser pour acheter des matériels et des équipements ou financer des bourses universitaires et des stages de postdoctorat



5. DIFFUSION DES RÉSULTATS

Les chercheurs sont encouragés à publier les résultats de leurs travaux en accès libre dans des revues au grand facteur d'impact



6. BREVETS POUR D'ÉVENTUELLES INNOVATIONS

Les scientifiques et leurs universités conservent les droits de propriété intellectuelle des innovations générées par les recherches financées, mais le gouvernement nord-américain pourra les utiliser ou les modifier sans restrictions dans le futur

ils encouragent aussi l'ouverture de bureaux de S&T dans les nations partenaires pour former une sorte de groupe de travail scientifique international qui mène des études dans les champs qui les intéressent.

Au Brésil, les ressources accordées sont encore majoritairement concentrées dans des universités et institutions de São Paulo. Au cours des dix dernières années, 1,7 million USD des 4,5 millions envoyés par l'ONR-G dans le pays a été alloué à des institutions de São Paulo, l'Université de São Paulo (USP) étant la principale bénéficiaire. Un des projets soutenus pendant cette période a été celui de ventilateurs pulmonaires d'urgence à faible coût, développés par les ingénieurs Marcelo Zuffo et Raul Gonzalez Lima de l'École Polytechnique (Poli) de l'USP. Dans ce cas, les 200 000 dollars de l'ONR-G se sont ajoutés aux apports d'autres donateurs et ont permis de produire jusqu'à 20 ventilateurs par jour pendant l'un des moments les plus critiques de la pandémie.

Pour les scientifiques brésiliens, cet argent a permis de poursuivre les recherches dans une période où le financement public se fait rare. Dans le cas de l'ingénieur Bojan Marinkovic du Département de génie chimique et de matériaux de l'Université catholique pontificale de Rio de Janeiro (PUC-RJ), ces montants constituent aujourd'hui la principale ressource de financement de ses laboratoires. Depuis 2014, il utilise les ressources du DEVCOM pour développer des projets sur des matériaux céramiques à dilatation thermique négative ou nulle : « Nous cherchons à comprendre comment ils fonctionnent pour, à l'avenir, les intégrer dans la conception de pièces résistantes à des changements brusques de température, une innovation qui intéresse beaucoup l'industrie civile et militaire ». Il en est de même pour la physicienne Isabel Cristina Carvalho du Laboratoire d'optoélectronique du Département de physique de la PUC-RJ. Elle reçoit depuis 2015 un financement de l'ONR-G pour mener des projets sur la résonance de plasmon de surface localisé, un phénomène optique qui a lieu quand la lumière interagit avec des nanoparticules métalliques, induisant une excitation collective des électrons et permettant l'absorption de certaines longueurs d'onde (couleurs).

SOURCES ONR-G, DEVCOM ET SOARD

Dans le cas de Pierre-Louis de Assis de l'Institut de physique Gleb Wataghin de l'Université d'État de Campinas (Unicamp), ces ressources ont été utilisées pour acheter des équipements et maintenir des bourses de postdoctorat : « Fin 2019, nous avons commencé à recevoir un financement du SOARD pour étudier des émetteurs de photons uniques en utilisant des semi-conducteurs bidimensionnels, dans le but de les intégrer dans des micropuces de traitement d'information quantique ».

Les représentants des bureaux ont l'habitude d'aller à la rencontre des universités et des institutions scientifiques du pays pour leur faire part des opportunités de financement. Pendant ces rencontres, les Brésiliens ont quelques minutes pour présenter leurs projets et souligner leur pertinence. Rosa Santoni, représentante du DEVCOM au Brésil, explique : « Nous assistons aussi à des conférences et réalisons des études indépendantes par le biais d'outils de recherche, comme *Web of Science*, pour identifier des scientifiques qui travaillent dans des domaines qui nous intéressent. [...] Quand quelque chose attire notre attention, nous entrons en contact avec le responsable et lui demandons de nous envoyer un résumé de sa proposition pour évaluer son potentiel innovateur et vérifier si elle fait partie des priorités des forces armées ». Si c'est le cas, le chercheur est autorisé à envoyer la proposition complète, dans laquelle il précise le montant dont il aura besoin pour effectuer le travail et les résultats attendus.

En général, les projets approuvés reçoivent entre 25 000 et 140 000 dollars US par an, mais ce montant peut être plus élevé selon l'intérêt des bureaux. Les Brésiliens reçoivent aussi un montant supplémentaire qui peut être utilisé pour financer leur participation à des conférences nationales et internationales, promouvoir des séminaires et des ateliers, visiter des universités et des institutions des États-Unis ou même des installations scientifiques des forces armées. Ils sont libres d'étudier ce qu'ils veulent et de décider de l'application des ressources. Le succès des entreprises est mesuré par les articles publiés. « Nous encourageons la diffusion des résultats en accès libre au grand facteur d'impact », dit Santoni. Les scientifiques et les universités conservent les droits de propriété intellectuelle des innovations produites dans le cadre des projets financés. « Mais le contrat avec le gouvernement nord-américain autorise les États-Unis à les utiliser ou à les modifier sans restriction dans le futur, conformément à ses intérêts ».

Cet effort d'investissement dans des recherches brésiliennes dans des domaines jugés stratégiques peut étendre le portefeuille d'innovations des États-Unis qui, un jour, pourraient être intégrés à leurs stratégies de sécurité. « C'est aussi une façon pour eux de resserrer les liens de coopération et de ren-

forcer leur influence géopolitique de la région face aux assauts de la Chine et d'autres nations », estime Amâncio Jorge de Oliveira. Il est coordinateur exécutif de l'École de diplomatie scientifique et de l'innovation et professeur du Centre d'Études des négociations internationales de l'Institut des relations internationales de l'USP.

Oliveira rappelle que les Nord-américains utilisent la science dans la politique étrangère depuis longtemps. Dans les années 1970, ils ont eu recours à la diplomatie scientifique pour se rapprocher de la Chine. Plus récemment, ils ont utilisé la même stratégie pour promouvoir des partenariats avec des scientifiques cubains pour des travaux sur le cancer et sur la prévision des ouragans. Pour Gustafson, « les États-Unis reconnaissent l'importance de la collaboration internationale avec des partenaires fiables pour résoudre des problèmes futurs, explorer de nouvelles technologies et construire des relations durables avec des scientifiques étrangers. [...] Pour cela, nous pensons qu'il est important de combiner les ressources, diffuser la discipline de la recherche scientifique et promouvoir des expériences et des opportunités ».

Outre le maintien des activités de recherche, un des avantages du partenariat est la possibilité d'échanges – dans certains cas, il est possible d'avoir accès à des installations scientifiques militaires aux États-Unis. « Nous avons envoyé une étudiante en master dans un laboratoire de l'armée dans le Maryland », raconte Marinkovic de la PUC-RJ. Il est aussi courant que les forces armées de ce pays organisent des événements et invitent des Brésiliens à parler de leurs études, à l'exemple de Luís Gustavo Marcassa, professeur de l'Institut de physique de São Carlos (IFSC) de l'USP. Le chercheur développe des recherches sur les atomes de Rydberg – des électrons éloignés du noyau à des distances jusqu'à 10 000 fois supérieures à la normale – avec une application potentielle dans l'informatique quantique et les capteurs à micro-ondes plus précis : « Dans quelques jours, je vais donner une conférence au Laboratoire international de recherche de l'armée de l'air des États-Unis ».

Selon lui, les ressources offertes sont les bienvenues mais elles ne suffisent pas pour maintenir toutes les activités : « Pour nous, à São Paulo, le soutien de la FAPESP reste fondamental, même si les montants accordés par les bureaux de S&T américains représentent un bon complément au budget du laboratoire, en particulier pour les bourses de master et de doctorat et les stages postdoctoraux ». Amâncio Oliveira va plus loin. Il pense que l'accès à ces subventions permet aux scientifiques de produire des connaissances de haut niveau sur des questions mondiales : « Ça peut être stratégique dans le sens où cela favorise l'insertion du Brésil dans les réseaux internationaux de connaissances et élève sa position dans la dynamique mondiale de la production scientifique ». ■

URBANISME

ATLAS INTERACTIF DE RIO DE JANEIRO

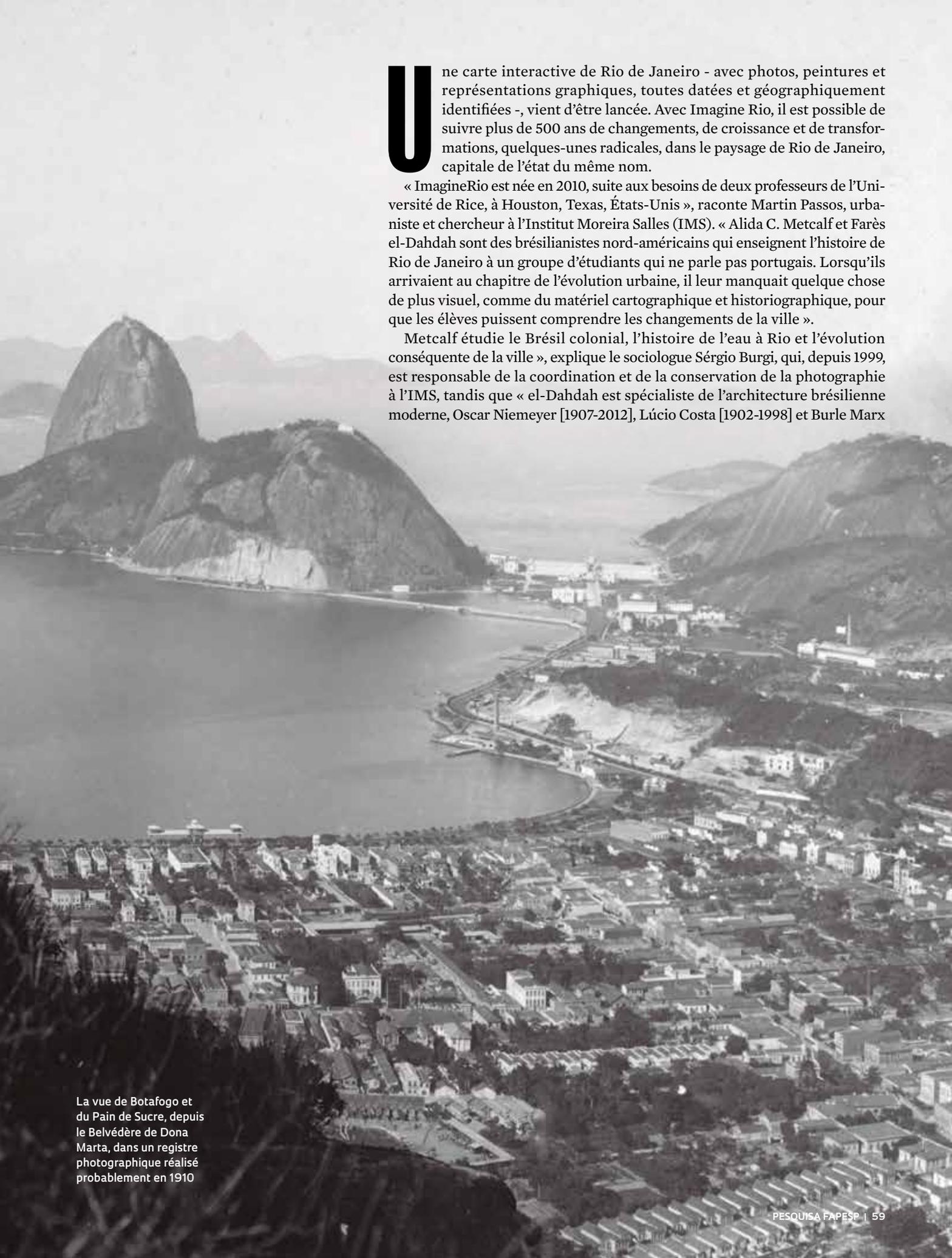
La carte de la ville montre les
transformations géographiques
et urbaines depuis 1500

Dafne Sampaio

Une carte interactive de Rio de Janeiro - avec photos, peintures et représentations graphiques, toutes datées et géographiquement identifiées -, vient d'être lancée. Avec Imagine Rio, il est possible de suivre plus de 500 ans de changements, de croissance et de transformations, quelques-unes radicales, dans le paysage de Rio de Janeiro, capitale de l'état du même nom.

« ImagineRio est née en 2010, suite aux besoins de deux professeurs de l'Université de Rice, à Houston, Texas, États-Unis », raconte Martin Passos, urbaniste et chercheur à l'Institut Moreira Salles (IMS). « Alida C. Metcalf et Farès el-Dahdah sont des brésilianistes nord-américains qui enseignent l'histoire de Rio de Janeiro à un groupe d'étudiants qui ne parle pas portugais. Lorsqu'ils arrivaient au chapitre de l'évolution urbaine, il leur manquait quelque chose de plus visuel, comme du matériel cartographique et historiographique, pour que les élèves puissent comprendre les changements de la ville ».

Metcalf étudie le Brésil colonial, l'histoire de l'eau à Rio et l'évolution conséquente de la ville », explique le sociologue Sérgio Burgi, qui, depuis 1999, est responsable de la coordination et de la conservation de la photographie à l'IMS, tandis que « el-Dahdah est spécialiste de l'architecture brésilienne moderne, Oscar Niemeyer [1907-2012], Lúcio Costa [1902-1998] et Burle Marx



La vue de Botafogo et du Pain de Sucre, depuis le Belvédère de Dona Marta, dans un registre photographique réalisé probablement en 1910

[1909-1994] ». Selon Burgi, la genèse d'ImagineRio est la combinaison de ces deux intérêts, le colonial et le moderne.

À Rice, Metcalf et el-Dahdah se sont associés à un groupe de programmeurs et ont structuré la première plateforme du projet en superposant d'anciennes cartes sur le relief actuel de la ville, mise en ligne par Google. En 2012, environ deux ans plus tard, l'université a établi un partenariat avec la société américaine Axis Maps et créé une seconde plateforme, cartographiquement plus précise, à navigation intuitive et immersive.

Cependant, il manquait quelque chose d'important au projet : en plus des cartes, on avait besoin d'images, des milliers d'entre elles. En 2015, lors d'un séminaire international sur la cartographie numérique qui s'est tenu à Rio, les professeurs de Rice ont découvert l'IMS et l'entente a été immédiate. L'institut développait déjà des projets de réalité virtuelle dans des expositions photographiques, en plus d'avoir une grande collection d'images de la ville. L'union était inévitable : d'une part, la plateforme numérique et la cartographie ; d'autre part, la collection photographique et l'expertise territoriale.

La troisième et plus complète version d'ImagineRio est la rencontre de ces deux institutions alliée à une bourse en histoire de l'art numérique accordée par la Fondation Getty fin 2018 au consortium Rice-IMS. L'apport de 200 000 dollars US de la fondation était prévu pour 24 mois, mais en raison de la pandémie et d'autres retards, le financement du projet a été prolongé jusqu'à la fin de cette année. Grâce à ces ressources, l'IMS a pu numériser ou renumériser en haute qualité plus de 3 000 photos de sa collection, les combiner avec les cartes de Rice et améliorer la carte interactive, officiellement disponible depuis début 2022. « L'entretien du site web est toujours réalisé par l'Université de Rice,



qui compte sur le soutien de l'institution elle-même et aussi sur une aide extérieure de l'Axis Maps, en plus du travail des étudiants de tous les niveaux », explique Passos. Un détail important et l'une des conditions du soutien financier de la Fondation Getty : toutes les images disponibles devaient être dans le domaine public et peuvent être partagées librement. Il en va de même pour leurs métadonnées, c'est-à-dire les informations concernant la paternité de ces images, l'année de leur prise, leurs dimensions, etc.

« À Rio de Janeiro, la troisième année du lycée fait de la ville la matière finale du 'programme scolaire minimum' ». L'utilisation d'un outil robuste en cartographie, d'images numérisées et d'une vaste collection de documents est ce qui, méthodologiquement, peut faire la différence dans les approches en classe », explique Walmir Pimentel, géographe qui enseigne depuis 20 ans dans les écoles publiques municipales et de l'état à Petrópolis, région montagneuse de l'état de Rio de Janeiro.

Avec le photographe positionné à l'arrière de la Santa Casa de Misericórdia, l'image montre des jets d'eau utilisés pour enlever la terre de le Morro du Castelo, en 1922

Ci-dessous, à gauche, avec le Morro Dois Irmãos en arrière-plan, se trouve l'allée des palmiers du Jardin botanique. À droite, le Théâtre Municipal avec, à côté, l'École Nationale des Beaux-Arts. On estime que la première photo a été prise en 1890 et la seconde, en 1910

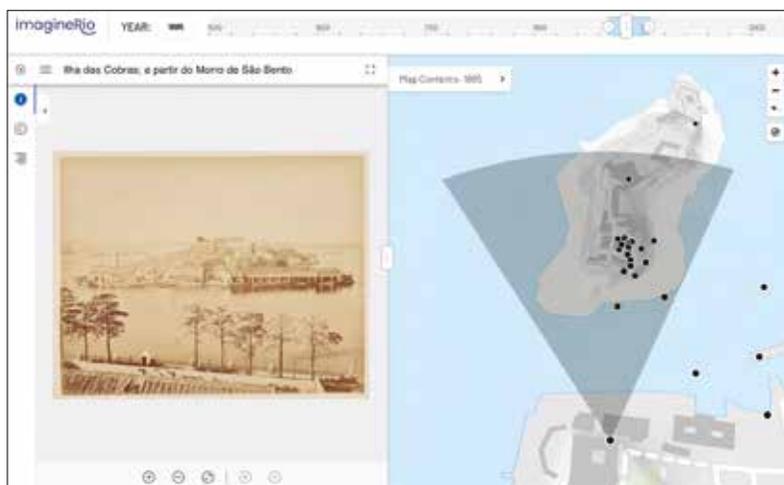
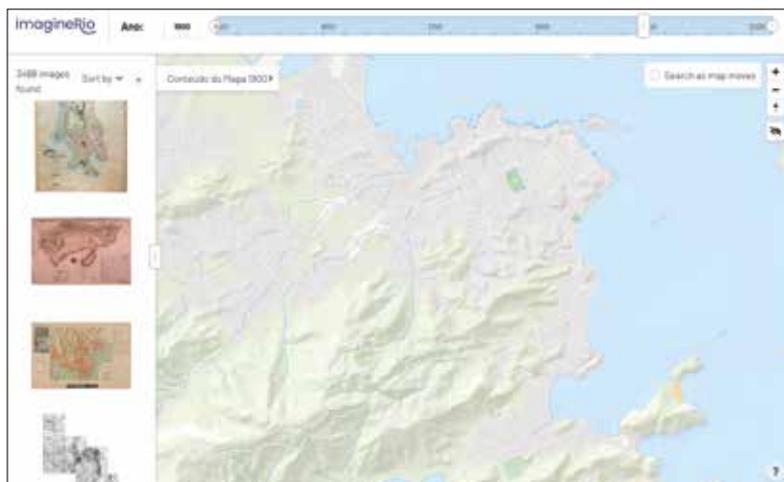
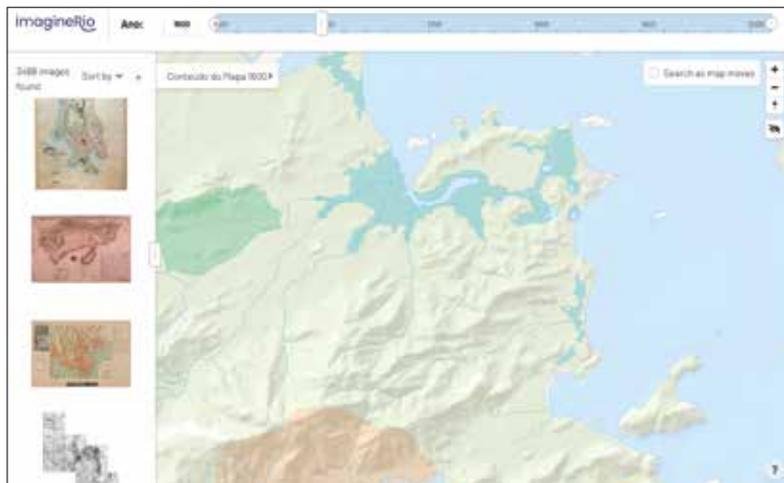


« Étant donné que l'histoire se construit en tant que savoir à partir du croisement de sources orales, écrites, iconographiques, musicales, entre autres, imagineRio donne accès à des images et à des données cartographiques d'une extrême valeur pour ceux qui souhaitent étudier la ville dans une perspective plus ample, tout en comprenant et en élargissant des perceptions sur les relations entre la population, le territoire et le pouvoir public », explique l'écrivain Luiz Antônio Simas, également professeur d'histoire en lycée à Rio de Janeiro. « Les usages d'une plateforme comme imagineRio sont aussi variés que les personnes qui vont l'utiliser », précise-t-il.

L'historien Flávio Gomes, coordinateur du Laboratoire d'études d'histoire atlantique de l'Université fédérale de Rio de Janeiro (Leha-UFRJ), a d'autres idées pour utiliser la carte interactive. « J'accompagne, dans un vaste projet de recherche, le mouvement d'occupation africaine dans divers quartiers de la ville. Avec les outils d'imagineRio et le croisement de bases de données, nous pouvons voir déjà comment Rio s'est organisée entre différents territoires ethniques, dont beaucoup articulés au commerce, aux identités religieuses et aux différentes sociabilités », explique-t-il. Simas dit s'intéresser « avant tout aux usages qui permettent de comprendre comment la ville a changé de manière impactante et dans quelle mesure ces changements ont affecté la vie quotidienne des habitants de Rio de Janeiro ». « Les réorganisations urbaines de la Première République, comme la Réforme Passos entre 1903 et 1906, l'occupation des faubourgs et la démolition de Morro¹ do Castelo entre 1920 et 1922, sont des exemples frappants de ces processus de transformation vertigineux », illustre-t-il.

« ImagineRio est une tentative de réunir de multiples confluences, de nombreuses entrées, donc l'idéal est que la plateforme soit utilisée collectivement par les chercheurs, par les institutions qui préservent la mémoire et par la population désirant simplement flâner dans l'histoire de la ville », résume Burgi. À l'avenir, prévoit-il, peut-être que la plateforme pourra abriter des modèles historiques de surface. Il sera par exemple possible de parcourir le centre de Rio de Janeiro en 1808, dans une projection 3D fidèle au relief de la ville, comme cela se fait aujourd'hui grâce à Google Earth.

En attendant, les responsables du projet s'efforcent d'aller au-delà des images classiques,



immortalisées dans les photographies de Marc Ferrez (1843-1923), Augusto Malta (1864-1957) et Jorge Kfuri (1893-1965), ou les peintures de Jean-Baptiste Debret (1768-1848), Thomas Ender (1793-1875) et Johann Moritz Rugendas (1802-1858). En partenariat avec le programme *Imagens do Povo* de l'Observatório de Favelas, 50 images de la région de Maré ont été acquises, ce qui permettra d'inclure ces territoires sur la carte. ■

De haut en bas, les deux premières cartes montrent l'occupation de la ville de Rio de Janeiro en 1600 et 1900, respectivement. Photographie prise vers 1866 par Georges Leuzinger depuis le Morro de São Bento, montrant une vue en perspective de l'île des Cobras, sur la troisième carte

1 Note du Traducteur. La traduction littérale de morro est "colline", mais au Brésil le terme a une connotation sociale importante, car à Rio de Janeiro, c'est l'endroit où se trouvent les bidonvilles, les communautés les plus défavorisées.

BIBLIOTHÉCONOMIE

COLLECTIONS BRÉSILIENNES (BRASILIANAS) DU XXI^e SIÈCLE



La numérisation et l'incorporation d'objets actualisent les collections qui réunissent du matériel sur la culture et l'histoire du pays

Christina Queiroz

Au cours d'une recherche menée pendant les quinze dernières années dans une collection de l'Université du Texas à Austin, Antonio Dimas (Institut des Études brésiliennes de l'Université de São Paulo, IEB-USP) a découvert l'héritage littéraire de l'éditeur nord-américain Alfred Knopf [1892-1986] : Knopf a été responsable de la traduction et de la publication, en anglais, des premières œuvres des Brésiliens Jorge Armado [1912-2001] et Gilberto Freyre [1900-1987]. Les analyses de lettres, de commentaires et de contrats révèlent notamment que ces auteurs ont été bien accueillis par les lecteurs nord-américains, en particulier parce qu'ils ont présenté des visions alternatives du Brésil, liées aux cultures noires de Salvador et de Recife (Jorge Armadao est originaire de l'État de Bahia, Gilberto Freyre, de l'État du Pernambuco). « Présentes dans diverses parties du monde, les collections comme celles de Knopf doivent aussi être considérées comme des « brasilianas », même si elles ne sont pas uniquement composées de livres », affirme Dimas. En proposant d'élargir le concept initialement limité aux collections d'œuvres du XVI^e au XIX^e siècle sur le Brésil, la réflexion de Dimas s'inscrit dans un mouvement qui s'est consolidé ces cinq dernières années et qui a été le thème d'un événement organisé par la Bibliothèque Brasiliana Guita e José Mindlin (BBM-USP) en février.

Le terme « brasiliana » est un néologisme. Selon Marisa Midori, historienne de l'École des communications et des arts de l'Université de São Paulo (ECA-USP), son origine est lié à la bibliophilie, et plus particulièrement aux collectionneurs intéressés par le Brésil, à l'exemple des voyageurs et des intellectuels qui étudiaient l'Orient et sont connus sous le nom d'orientalistes. À partir du XVI^e siècle, surtout en Europe, on a commencé à constituer des collections de livres et de documents sur les colonies du Portugal et de l'Espagne dans ledit Nouveau Monde : « Les premières collections de ce type ont été appelées 'américaines' et la production sur le Brésil a été considérée comme une de ses sections ». Selon l'historienne, des gouvernants et des institutions ont tenté d'identifier et d'organiser ce *corpus* bibliographique dès que le Brésil s'est structuré comme État-nation, c'est-à-dire après avoir conquis son indépendance, en 1822. Une étape importante de cet effort a été l'exposition organisée par le médecin et philologue Ramiz Galvão (1846-1938), alors directeur de la Bibliothèque nationale, en 1881 : « Le catalogue de l'échantillon, avec un inventaire général des sources, des livres et des documents sur le pays, de plus de 10 000 entrées, a marqué le début de la tradition bibliographique brésilienne. Mais en dépit de la volonté de réunir et de cartographier des collections sur le

La bibliothèque Brasiliana Guita e José Mindlin, de São Paulo, doit incorporer la production amérindienne et la littérature des périphéries

Ci-dessous, l'éditeur nord-américain Alfred Knopf et sa femme, Blanche, des garants informels d'auteurs brésiliens dans le monde anglophone



Ci-dessus, Constitution de l'Empire du Brésil, un des documents exposés à la Bibliothèque nationale en 1881

Brésil, à cette époque le terme 'brasiliens' n'était pas encore utilisé ».

À la différence du Brésil, la bibliologue Marina Garone Gravier, de la Bibliothèque nationale du Mexique (BNM) et de l'Université nationale autonome du Mexique (UNAM), explique que dans son pays l'idée d'une « bibliographie mexicaine » englobe tout matériel imprimé ou publié sur le Mexique, y compris la production amérindienne, les livres et les documents du XX^e siècle. Il n'existe pas de terme « mexicana », qui serait l'équivalent du concept de « brasiliens » : « Beaucoup de nos imprimés de la période coloniale ont été écrits en langue amérindienne ». Le document le plus ancien de la BNM date de 1554. À son avis, le concept « brasiliens » est lié aux formes de collectionnisme bibliographique du XIX^e siècle aux États-Unis, le pays qui a organisé ses fonds en utilisant cette nomenclature. Derrière l'accord sur l'actualisation du concept « brasiliens » se trouve l'idée selon laquelle « il doit refléter les mouvements internes d'un pays et accompagner les champs d'études, qui sont toujours en mouvement ».

La bibliothèque nationale du Mexique est conservée par l'UNAM, qui compte différents réseaux de chercheurs étudiant et diffusant sa collection par le biais de l'Institut d'investigations bibliographiques, qui existe depuis plus de 50 ans. Garone Gravier donne des cours au sein même de la bibliothèque à des étudiants de 3^e cycle de différents cours de l'UNAM, dont l'histoire, la

linguistique, la littérature et les arts : « Avec des livres et des documents de toute l'Amérique latine, publiés depuis le XVI^e siècle, la bibliothèque nationale du Mexique réunit aussi des documents du dépôt légal national ».

En ce qui concerne les « Brasiliens », même si les collections ont été réalisées à partir du XVI^e siècle, la formulation du concept a gagné de l'ampleur dans les années 1930 avec le mouvement du marché du livre. L'historienne Eliana Regina de Freitas Dutra (Université fédérale de l'État de Minas Gerais, UFMG) analyse la collection du même nom publiée par Companhia Editora nacional à partir de 1931. La proposition éditoriale a été développée par le sociologue Fernando Azevedo [1894-1974]. Au cours de son existence, 415 titres d'auteurs brésiliens et étrangers ont été publiés : « La collection *Brasiliens* publiait des titres rares, comme les chroniqueurs et les voyageurs de la période coloniale ; elle rééditait des ouvrages épuisés et faisait de nouvelles publications sur l'histoire, la formation sociale brésilienne, l'éducation, la géographie, l'ethnologie et d'autres champs de la connaissance. Elle a été la première à pratiquer le collectionnisme éditorial au Brésil ». L'ensemble de la collection a été numérisé par le projet *Brasiliens Eletrônica* de l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), sous la coordination de l'historien et ingénieur Israel Beloch. En plus de la Companhia Editora Nacional, d'autres maisons d'édition ont publié des collections brésiliennes à partir des années 1930 : Difusão Europeia do Livro (Difel), José Olympio, Civilização brasileira et Livraria Martins Editora.

Également chercheur dans le cadre de ces projets éditoriaux, l'historien Fábio Franzini (Université fédérale de São Paulo, Unifesp) raconte que la collection *Documentos brasileiros* [Documents brésiliens] (Éd. José Olympio) a pu-

bliés des ouvrages qui sont devenus des classiques de l'historiographie et de la pensée sociale du pays. C'est le cas de *Racines du Brésil* [*Raízes do Brasil*], de l'historien Sérgio Buarque de Holanda [1902-1982], qui a inauguré la collection en 1936, et de *Maîtres et esclaves* [*Casa-grande & senzala*], écrit par Freyre en 1933 et intégré à la série en 1943. Dans une étude menée dans la collection de la BBM-USP entre 2019 et 2020, il a analysé les préfaces de trois éditions argentines, deux françaises, une nord-américaine, une portugaise, une allemande, une vénézuélienne et une polonaise de *Maîtres et esclaves*. L'objectif était de comprendre pourquoi un livre consacré au processus de formation sociale du Brésil a été publié dans tant d'autres pays, y compris en Argentine et aux États-Unis dans les années 1940 et en France dans les années 1950 : « Dans les préfaces écrites par Freyre pour les éditions internationales, il cherche à montrer que son interprétation du Brésil peut être lue de manière universelle », d'où l'intérêt des lecteurs étrangers pour l'ouvrage.

C'est en 1965, dans le sillage du processus de création de collections « brésiliennes » par les éditeurs, que l'historien et bibliophile Rubem Borba de Moraes [1899-1986], dans son ouvrage *O bibliófilo aprendiz* [*L'apprenti bibliophile*], a proposé pour la première fois une définition du concept. Selon lui, les « brésiliennes » englobent « les livres sur le Brésil imprimés du XVI^e siècle à la fin du XIX^e siècle, et les livres d'auteurs brésiliens imprimés à l'étranger jusqu'en 1808 ». Une lettre du marchand et explorateur Amerigo Vespucci [1454-1512], écrite en 1504, est considérée comme le premier jalon de ce recoupement. « En plus de Moraes, d'autres intellectuels ont établi des définitions ; par exemple, l'avocat et historien

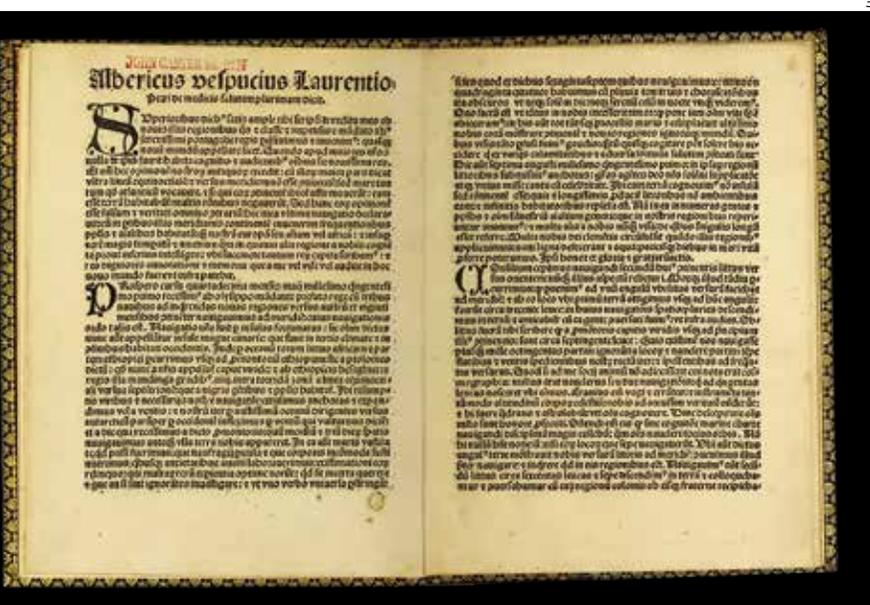
José Honório Rodrigues [1913-1987] a dressé des listes de livres qu'il considérait comme fondamentaux pour comprendre le Brésil », détaille l'historien Carlos Zeron, directeur du BBM-USP jusqu'au début de cette année.

Par rapport aux premières collections formées par des bibliophiles, Thiago Lima Nicodemo, historien (Université d'État de Campinas) et coordinateur des Archives publiques de l'État de São Paulo, rappelle que le naturaliste allemand Carl von Martius [1794-1868] a été l'un des premiers à réunir une collection de ce type au XIX^e siècle, de même que l'historien et voyageur français Ferdinand Denis [1798-1890]. Le XX^e siècle a vu croître le nombre de collectionneurs intéressés par des livres sur le Brésil. Moraes et Yan de Almeida Prado [1898-1991] ont été parmi les premiers. À sa mort, Moraes a laissé près de 2 300 livres à José Mindlin [1914-2010], avocat, homme d'affaires et bibliophile, et à sa femme Guita [1916-2006]. Pendant plus de 80 ans, le couple a constitué une collection de 32 000 titres et 60 000 volumes de livres et de manuscrits sur le Brésil. Tous ont été donnés à l'USP en 2005, lors de la création de la BBM.

Dans le projet *Memória digital : Arquivo e documento histórico no mundo contemporâneo* [Mémoire numérique : archives et document historique dans le monde contemporain], commencé il y a deux ans, Nicodemo travaille avec l'idée selon laquelle les « brésiliennes » sont importantes pour réunir des connaissances afin de soutenir la formulation de politiques publiques : « Les 'brésiliennes' servent aussi à favoriser les projets de modernisation du pays parce qu'elles permettent une meilleure connaissance de sa population et de ses frontières ». Depuis le XIX^e siècle, différentes institutions ont investi dans ces collections pour tenter d'établir des connexions entre production de la connaissance et interventions dans la réalité. D'après Alexandre Soares, le directeur actuel de la BBM, « le concept traditionnel de 'brasiliana' implique des livres produits par des voyageurs étrangers sur le Brésil et des ouvrages d'auteurs emblématiques de notre historiographie. Aujourd'hui nous voulons que la production amérindienne et la littérature des périphéries, par exemple, soient incorporées à ces collections, nous devons chercher de nouvelles lentilles pour penser le Brésil ».

L'idée d'élargir le concept de « brasiliana » proposée par Antonio Dimas (IEB) signifie tenir compte de collections étrangères sur la culture brésilienne, pas nécessairement composées de livres. Une de ces collections est celle de l'historienne Simona Binková de l'Université Carolina (République tchèque), avec des documents

Lettre d'Amerigo Vespucci écrite en 1504, considérée comme premier jalon des collections brésiliennes





L'entrepreneur José Mindlin et sa femme, Guita, dans leur bibliothèque

iconographiques de la cartographie brésilienne produits aux XVII^e et XVIII^e siècles sur la participation de naturalistes tchèques à une expédition scientifique réalisée en 1817 dans le pays. Aux États-Unis, il y a les collections du géologue John Casper Branner [1850-1922], avec des manuscrits et des cartes d'études du Brésil à la fin du XIX^e siècle, et de l'historien Ludwig Lauerhass [1936-2020], qui possède plus de 4 000 items sur l'histoire, l'anthropologie et la sociologie brésilienne du siècle dernier. Pour Dimas, la collection Knopf, les collections supra citées et d'autres sont encore peu connues et peuvent servir de base pour de nouvelles découvertes scientifiques : « Par exemple, en travaillant avec la succession de l'éditeur nord-américain, j'ai découvert que Freyre et Amado avaient agi comme des diffuseurs de la culture de notre pays aux États-Unis, et que Knopf était une sorte de garant informel d'auteurs brésiliens dans le monde anglophone ».

Concernant l'idée d'incorporer dans des collections « brasilianas » des éléments allant au-delà du livre et du recouplement temporel proposé par Moraes, Ana Virginia Pinheiro (École de bibliothéconomie de l'Université fédérale de l'État de Rio de Janeiro) émet des réserves : « Une expansion sans critères peut décaractériser ces collections ». Madame Pinheiro a été bibliothécaire de livres rares à la Fondation Biblioteca Nacional (FBN) entre 1982 et 2020. Elle propose d'élargir le concept à des livres qui ont circulé dans les anciennes colonies pendant la domination portugaise, tels que les ouvrages utilisés par les jésuites pour l'instruction des élèves, ou les livres sur les monnaies et timbres portugais : « Il existe une importante littérature, par exemple sur l'éducation et l'économie qui, même si elle n'a pas été écrite par

des Brésiliens et ne parle même pas du Brésil, a été fondamentale pour sa constitution en tant que nation ». Avec notamment pour origine la Bibliothèque royale portugaise, la FBN possède des collections de ce type qui n'ont pas encore fait l'objet de recherches : « Au Brésil, l'intérêt pour le livre ancien comme objet d'études est récent, il a commencé à la fin des années 1970 ». Elle défend la création de partenariats avec les universités pour susciter des travaux dans des collections peu connues. C'est précisément en essayant d'identifier des documents et des livres sans visibilité que João Marcos Cardoso, conservateur de la BBM-USP, a découvert en 2015 un traité féministe publié en 1868 : « Ce document a été écrit par une femme immigrée dans le contexte du Brésil impérial et esclavagiste, revendiquant le droit des femmes à participer à la politique, au marché du travail et à l'éducation ». Le texte en question a fait l'objet d'une recherche dans le cadre d'un master. Publié par la maison d'édition du typographe Francisco de Paula Brito [1809-1861], responsable du lancement du premier magazine brésilien pour le public féminin, l'ouvrage a été

Numérisation des livres de la BBM-USP : 15 % de la collection



écrit par Anna Rosa Termacsics, une Hongroise arrivée au Brésil à l'âge de 7 ans et qui est restée jusqu'à sa mort, en 1886.

Aujourd'hui, 15 % de la collection de la BBM-USP est numérisée. Saes, le directeur de l'institution, explique que « la BBM possède une réserve technique pour acquérir plus de 90 000 livres et elle est en train de définir de nouvelles politiques pour baliser l'expansion de sa collection à partir de 2023 ». Le processus de numérisation de la collection a débuté en 2007 grâce au financement de la FAPESP. À partir de ce projet intitulé *Brasiliانا digital*, près de 4 000 items réunis par Mindlin ont été rendus accessibles sur Internet, dont des livres, des gravures, des cartes, des manuscrits et d'autres documents. À la FBN, le processus a commencé en 2001 et il concerne des ouvrages rares. Cinq ans plus tard, la collection *Brasiliانا* a été incorporée au projet.

Considérée comme l'une des plus grandes « brasilianas » en dehors du Brésil, la bibliothèque Oliveira Lima, de l'Université catholique d'Amérique, à Washington, a terminé une partie de la numérisation de sa collection, qui vient d'être mise en ligne gratuitement. L'opération a commencé il y a 10 ans et depuis, 3 800 publications, lettres et brochures – soit plus d'1 million de pages – ont été numérisées. Le livre le plus rare date de 1507. L'astronome Duília de Mello, vice-rectrice de l'Université affirme : « Plus qu'une 'brasiliانا', la bibliothèque Oliveira Lima peut-être considérée comme une bibliothèque ibéro-américaine dans la mesure où elle réunit des items liés à l'expansion portugaise dans le monde et à l'histoire des Amériques, y compris le travail des jésuites et l'histoire de l'esclavage ». En raison de cette caractéristique, la collection de Manoel de Oliveira Lima [1867-1928], diplomate et historien brésilien, diffère d'autres « brasilianas » : « la prochaine étape va consister à numériser les milliers de pages qui font partie de la vaste correspondance échangée entre Lima et des intellectuels brésiliens, comme Machado de Assis [1839-1908] ». Mello évoque notamment une lettre dans laquelle l'écrivain brésilien fait part avec tristesse de la mort de sa femme. D'après elle, seulement 10 % de la correspondance a été numérisée. L'autre objectif est de trouver un financement pour faire traduire le site de l'anglais au portugais (voir Pesquisa FAPESP n° 266).

La collection de la bibliothèque Oliveira Lima est majoritairement composée de livres, documents et objets réunis par le diplomate lui-même au cours de sa vie. Il existe d'autres « brasilianas » importantes aux États-Unis, comme la collection du Lemman Center for Brazilian Studies à l'Université d'Illinois, et celle de la Bibliothèque

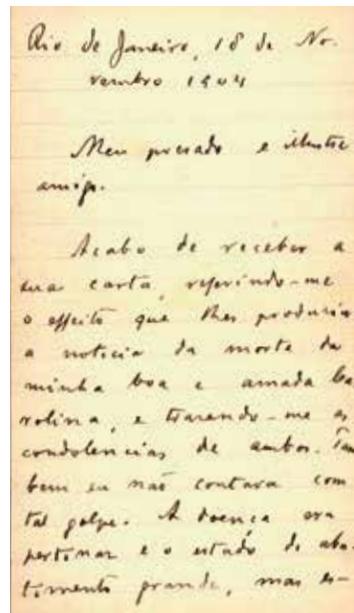


3



4

À côté, traité féministe de 1868 découvert à la BBM-USP. Ci-dessous, deux items de la collection de la bibliothèque Oliveira Lima, de l'Université Catholique d'Amérique, États-Unis : document de 1657 de l'Ordre des carmélites déchaussées (à gauche) et lettre dans laquelle Machado de Assis parle de la mort de sa femme



5

John Carter Brown. « Les collections et les bibliothèques des institutions étrangères ont pu bénéficier des initiatives du premier gouvernement de Getúlio Vargas [1882-1954]. Gustavo Capanema [1900-1985], ministre de l'éducation de 1934 à 1945, a mis en place des politiques de donation et envoyé des livres publiés par les collections brésiliennes des éditeurs brésiliens et par l'Institut national du livre aux ambassades, aux universités, aux associations d'artistes et d'écrivains du monde entier », raconte Dutra, de l'UFMG.

Quant aux « brasilianas » européennes, Midori (USP) observe qu'elles se concentrent sur des œuvres des XV^e et XVI^e siècle : « Des institutions et des collectionneurs de la région s'intéressaient à ces travaux pour ce qu'ils révélaient sur le Brésil, mais aussi parce qu'ils mettaient en évidence le développement de techniques d'impression de cette période ». C'est le cas par exemple des gravures sur bois élaborées pour les récits de voyages. Dans une étude menée sur des documents conservés au palais Nostitz, de Prague, elle a identifié des journaux de navigation avec des papiers pliés, semblables aux livres pop-up d'aujourd'hui : « Ces documents sont précieux parce qu'ils montrent les techniques qui existaient pour élaborer les premiers livres illustrés du monde ». ■

Le projet et les articles scientifiques consultés pour ce reportage sont cités dans la version en ligne.



LES FONDEMENTS D'UNE NATION

Des analyses de mouvements contraires à l'émancipation revisitent le processus de formation de l'État brésilien et son rapport à l'Amérique hispanique

Christina Queiroz | ILLUSTRATIONS Gustavo Piqueira

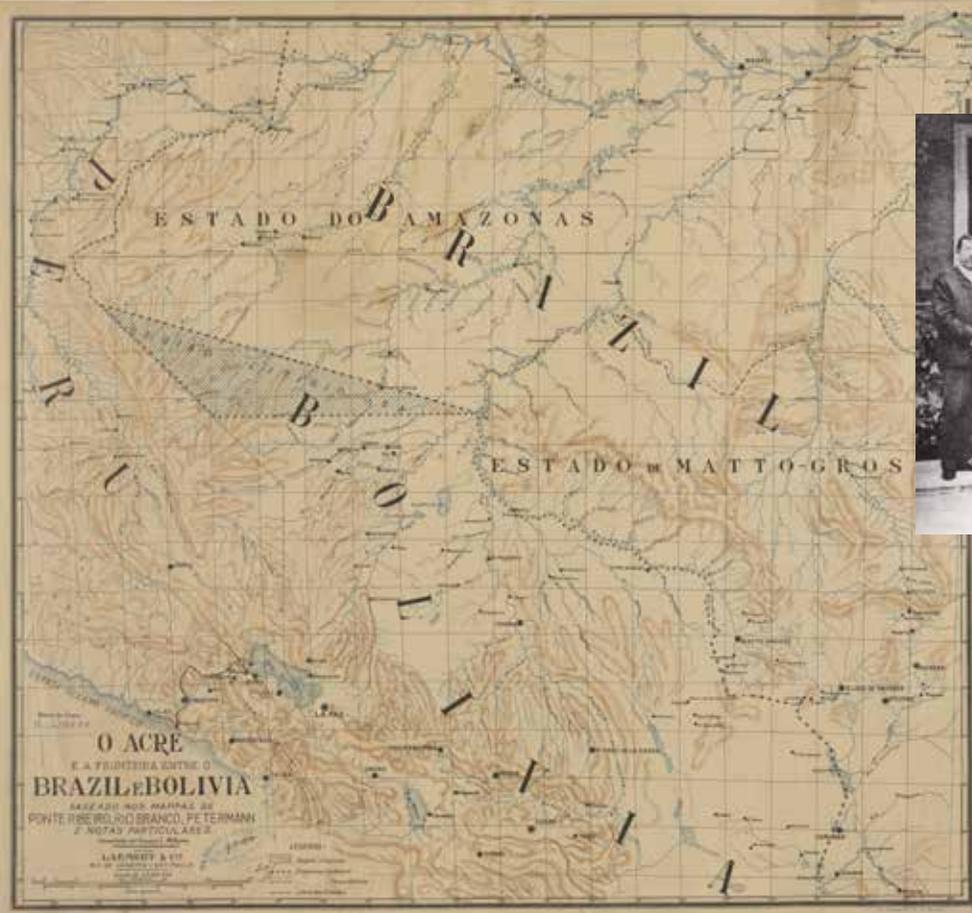
Sujet de débats universitaires depuis le XIX^e siècle, la cohésion du territoire brésilien après l'indépendance a été, pendant des décennies, analysée en opposition aux processus de l'Amérique hispanique, qui ont abouti à la formation de 18 pays. Dans cette vaste trajectoire de recherches, l'esclavage d'Africains, les systèmes administratifs coloniaux, le processus de formation des identités nationales respectives et la définition de territoires ont servi de base pour montrer les différences entre les destins des colonies. Cette approche a commencé à changer au milieu du XX^e siècle. Les études actuelles nuancent ces comparaisons et mettent en évidence les divergences qui ont marqué la constitution du Brésil et les tentatives de rupture avec le gouvernement de Dom Pedro I [1798-1834].

L'historienne Andréa Slemian de l'Université fédérale de São Paulo (Unifesp) observe qu'« au début du XIX^e siècle, la région que nous appelons aujourd'hui Brésil était composée de plusieurs parties plus ou moins connectées, et l'administration coloniale ne les contrôlait pas toutes. Jusqu'en 1825 au moins, le territoire national n'était pas garanti à cause des mouvements contraires à l'émancipation du Portugal ». Selon elle, l'historiographie s'est attachée à démontrer que l'image de l'existence d'un territoire cohésif était un récit construit pendant la période impériale, qu'il a traversé la République et s'est maintenu jusqu'aux jours actuels. Pour l'historienne Maria Ligia Coelho Prado, de l'Université de São Paulo (USP), « les politiciens, les historiens et les hommes de lettres ont valorisé la perspective de la grandeur et de l'union du territoire national ;

ils ont opposé cette caractéristique à la fragmentation de l'Amérique espagnole ».

Dans le même ordre d'idées, l'historien Marcelo Cheche Galves de l'Université d'État du Maranhão (UEMA) signale qu'au XIX^e siècle, surtout, le récit historique valorisait l'unité territoriale du pays. Comme exemple de cette tendance, il cite les textes de Francisco Adolfo de Varnhagen [1816-1878]. Historien, militaire et diplomate brésilien, Varnhagen voyait le Brésil comme « héritier du Portugal » et l'indépendance comme résultat d'une « scission au sein de la famille portugaise ». Le diplomate, historien et bibliophile Manuel de Oliveira Lima [1867-1928] a même utilisé l'expression « séparation à l'amiable » en référence à l'indépendance. « Ces idées ont formé la base de notre historiographie et ont eu un impact sur le développement de ce domaine de connaissance », affirme Galves.

Dans les années 1970, grâce à des études comme celles de l'historien Carlos Guilherme Mota (USP), cette perspective a commencé à changer. Mota a analysé l'indépendance à partir d'éléments tels que les appropriations de l'idéologie du Siècle des lumières dans des projets émancipateurs de colonies locaux, et il a ainsi affirmé que le Brésil était encore dépendant de métropoles européennes dans les années 1970. La réflexion s'est approfondie à partir des recherches des historiens Maria Odila da Silva Leite, dans les années 1970, et István Jancsó [1938-2010], également de l'USP, au début du XXI^e siècle. Tous deux estimaient qu'il fallait penser « les indépendances » du Brésil au pluriel. Galves précise qu'« en 1972, l'année où ont été célébrés les 150 ans de l'émancipation, le gouvernement militaire [1964-1985] s'est appro-



À côté, carte du territoire actuel de l'État de l'Acre, alors appelé « région litigieuse ». Ci-dessus, photographie après la signature du Traité de Petrópolis en 1903, quand l'annexion a été officialisée

1

prié l'anniversaire pour affirmer que Dom Pedro I avait donné l'indépendance politique au Brésil, et les militaires, l'indépendance économique ».

Galves est un des chercheurs qui se sont penchés sur la pluralité du processus d'indépendance. Pour lui, le projet d'autonomie imaginé par Dom Pedro I répondait aux intérêts de provinces comme Rio de Janeiro, Minas Gerais et São Paulo, au détriment des demandes d'autres provinces. C'est pour cette raison qu'ont éclaté des guerres régionales en opposition au projet du gouvernement impérial de l'époque, parmi lesquelles la Guerre des Farrapos [1835-1845], dans la province de São Pedro du Rio Grande do Sul, la révolte sociale *Cabanagem* [1835-1840], dans la province du Grão-Pará, et la *Sabinada* [1837-1838] à Bahia. « Dans l'état du Maranhão, la population s'identifiait plus au Portugal qu'à la Cour de Rio de Janeiro. [...] Même si le projet de la Cour est sorti vainqueur, il n'a pas été le seul ».

Le géographe Manoel Fernandes de Sousa Neto (USP) rappelle que le Grão-Pará et le Maranhão ont existé en tant qu'État séparé du Brésil jusqu'au début des années 1820, quand chaque région a signé un traité pour intégrer le projet conçu par le gouvernement de Dom Pedro I. L'État de l'Acre, par contre – une région qui appartenait à la Bolivie et au Pérou – a vécu des conflits armés pendant des années et n'a été annexé au pays qu'en 1903, après la signature du Traité de Petrópolis. « Jusqu'au début du XX^e siècle, le Brésil a conquis des territoires », note Galves, « tandis

que l'Amérique hispanique était marquée par un processus de désintégration territoriale des anciens domaines espagnols ».

En partant des réflexions développées par Antonio Carlos Robert de Moraes [1954-2015], géographe et chercheur en sciences sociales, Sousa Neto affirme que depuis l'indépendance, le pays a investi dans la formation des dites « épargnes territoriales » : « Les dirigeants ont lutté pour incorporer des régions au Nord dans le but de disposer de fonds territoriaux pouvant être exploités économiquement, car la nation se formait et exigeait des ressources naturelles pour se moderniser ». Pour l'auteur, cette logique est à la base des enjeux actuels sur la dévastation de la forêt amazonienne pour des activités minières illégales et la culture de soja.

Au vu des pluralités d'intérêts et des conflits entre provinces pendant le processus d'indépendance, une autre question centrale a mobilisé la recherche scientifique sur le sujet : en fin de compte, pourquoi le Brésil ne s'est-il pas fragmenté ? Il n'y a pas de consensus au niveau des réponses en raison de l'analyse de différents objets d'études, dont l'esclavage.

Avec des contextes historiques et des motivations spécifiques, certaines rébellions sur le territoire national pendant le processus d'indépendance couvraient des revendications communes, à l'exemple de : la quête d'autonomie des provinces

pour le paiement d'impôts, l'insatisfaction par rapport aux problèmes économiques et à la présence de Portugais à des postes administratifs. Comme la plupart d'entre elles n'apportaient pas de programmes anti-esclavagistes et ne tenaient pas compte des esclaves, toute possibilité de radicalisation était impossible. « Après la défaite des mouvements insurrectionnels, les élites dirigeantes de provinces comme São Pedro do Rio Grande do Sul et Bahia, par exemple, ont renoué les relations avec le gouvernement impérial pour que leurs demandes soient partiellement satisfaites sans affecter l'ordre esclavagiste, à ce moment-là central pour les activités économiques du pays », indique l'historien Rafael Marquese (USP). Ce dernier base son argument sur les réflexions des politologues et historiens José Murilo de Carvalho, de l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), et Luiz Felipe de Alencastro, de l'École d'économie de São Paulo de la Fondation Getulio Vargas (EESP-FGV). Il explique qu'au XVIII^e siècle, l'Amérique portugaise possédait 18 capitaineries, dont les marchés étaient intégrés à partir des activités minières : « l'esclavage existait dans toutes les régions dominées par les colons Blancs et il structurait les relations de la société. Même s'il s'agissait d'un monde criblé de tensions, le régime esclavagiste a créé la soudure nécessaire à la formation de l'État brésilien, parce qu'il uniformisait le paysage social et unissait les élites autour d'un même intérêt, qui était le maintien de l'esclavage ».

Prado signale qu'en Amérique hispanique, par contre, plusieurs situations étaient différentes. Les esclaves africains qui vivaient au Mexique, en Argentine et en Uruguay étaient moins nombreux que la population de personnes assujetties en Colombie, au Venezuela, à Haïti et à Cuba : « Dans le cas exceptionnel des colonies françaises de Saint Domingue, future Haïti, après l'abolition de l'esclavage par la Révolution française [1789-1799], les esclaves ont été les leaders et les agents de la conquête de l'indépendance ; ils ont même expulsé les Blancs de leur territoire. [...] Quant à Cuba, elle est restée une colonie espagnole plus longtemps et n'est devenue indépendante qu'en 1898. Les élites craignant une rébellion comme celle qui avait eu lieu à Haïti, elles se sont alliées au pouvoir colonial pour garantir le maintien de l'ordre esclavagiste ».

Malgré la volonté de nuancer l'antagonisme des analyses sur les processus d'autonomie des nations latino-américaines et du Brésil, les règnes de l'Espagne et du Portugal ont pris des chemins différents après l'invasion de la péninsule ibérique par les troupes de l'empereur français Napoléon Bonaparte [1769-1821] en 1807. Le roi Dom João VI [1767-1826] a décidé de quitter le Portugal et de s'installer au Brésil ; Fernando VII

[1784-1833], roi d'Espagne, a été fait prisonnier en France et remplacé sur le trône par le frère de l'empereur français, Joseph Bonaparte [1768-1844]. « Avec la prison du roi d'Espagne, il y a eu une résistance interne contre le monarque français. En Amérique espagnole, une grande agitation politique a commencé à remettre en question la loyauté envers le nouveau gouvernement métropolitain », précise Prado.

Dans le cas du Brésil, l'historienne considère que le transfert de la Cour à Rio de Janeiro a contribué au maintien de l'idée de cohésion territoriale : « Cela s'est accentué quand, plus tard, le fils de Dom João a pris la tête du processus d'indépendance ». Dans le cadre d'une recherche sur les procès-verbaux des conseils municipaux et sur les journaux de différentes provinces, financée par la FAPESP, l'historien Jean Marcel Carvalho França, de l'Université d'État de São Paulo (UNESP, campus de Franca), a constaté que Dom Pedro I était reconnu comme leader et bénéficiait du soutien populaire, y compris dans les petites communautés de province. Un des résultats de l'étude qui s'est achevée en 2021 est la création d'une banque de données ouverte aux chercheurs. « En dépit des mouvements rebelles, le climat était en général euphorique vis-à-vis de la figure du prince, qui a collaboré au processus de consolidation du territoire national ». Pour étayer ses propos, França s'appuie notamment sur des articles du journal *O Espelho*, qui a circulé à Rio de Janeiro entre 1821 et 1823.

D'après Prado (USP), l'autre aspect qui définit le destin de l'Amérique hispanique est que l'Espagne possédait, pendant la colonisation, un système administratif différent du modèle portugais. La région était divisée entre quatre vice-royautés : celui du Pérou, dont le siège était à Lima ; la Nouvelle-Espagne, à Mexico ; la Nouvelle-Grenade, à Bogota ; et le Rio de la Plata, à Buenos Aires. D'autre part, il y avait quatre capitaineries générales : du Venezuela, du Chili, de Cuba et du Guatemala. « Ces éléments de la division administrative relevaient d'une puissance supérieure, la Couronne espagnole ».

L'historienne Gabriela Pellegrino Soares (USP) explique qu'au début, les vice-royautés étaient fidèles au roi d'Espagne alors emprisonné, mais peu à peu, cette attitude a laissé la place à des projets d'autonomie et de rupture avec le pouvoir colonial : « Ainsi, les régions ont commencé à organiser des armées révolutionnaires pour rompre avec l'Espagne. En 1814, Napoléon subissait des défaites et le roi Fernando VII a retrouvé son trône à la tête de l'Empire. Du coup, l'Espagne a envoyé une grande armée pour contenir les mouvements dissidents en cours ». Comme les

groupes rebelles étaient nombreux et que l'armée du pays disposait d'un contingent limité de soldats, l'Espagne a d'abord mobilisé ses troupes pour combattre les mouvements d'insurrection dans la vice-royauté de la Nouvelle-Grenade, où le groupe d'insurgés était commandé par le général et leader révolutionnaire Simon Bolívar [1783-1830]. Prado ajoute que « l'Amérique hispanique a été marquée par des conflits armés qui ont balayé le continent entre 1810 et 1825 ».

L'historienne souligne que le dernier bastion de la Couronne espagnole a été la vice-royauté du Pérou – qui correspond au territoire actuel du Pérou et de la Bolivie –, où le vice-roi a réussi à résister à l'assaut des révolutionnaires jusqu'à l'arrivée du général José de San Martín [1778-1850] et de sa troupe. San Martín a participé au processus d'indépendance de l'Argentine, consolidé en 1816, et il a traversé les Andes avec 5 000 soldats pour atteindre la région. Le Pérou est devenu indépendant en 1821, la Bolivie, en 1825. « Si Bolívar est reconnu comme un héros de l'indépendance au Venezuela, en Colombie, en Équateur et en Bolivie, il en est de même pour San Martín en Argentine et au Pérou ; et il a soutenu la libération du Chili ».

D'après Soares, les populations autochtones ont réagi de différentes manières aux campagnes d'indépendance. Dans la région des Andes, de la Colombie jusqu'au Chili, les autochtones étaient des paysans christianisés qui entretenaient des relations étroites avec le pouvoir colonial : « Au début du XIX^e siècle, les Mapuches qui vivaient dans la région qui est aujourd'hui le centre sud du Chili étaient opposés aux projets d'émancipation parce qu'un changement de gouvernement pouvait mettre en péril les traités de paix signés avec l'Espagne ». D'un autre côté, quand l'Argentine s'est émancipée le nouveau gouvernement a traduit et annoncé la nouvelle en différentes langues amérindiennes : « ces populations ont été officiellement prévenues de la mise en place du nouveau régime ». Soares rappelle que les membres des armées révolutionnaires connaissaient les langues des peuples amérindiens et qu'ils s'en servaient pour les engager dans les luttes d'émancipation.

Au Mexique, c'est un représentant de l'Église catholique, le prêtre Miguel Hidalgo y Costilla [1753-1811], qui a dirigé à partir de 1810 le premier mouvement révolutionnaire pour la fin des relations coloniales et le soulèvement des autochtones contre les Espagnols. « Le père portait des étendards de la vierge de Guadalupe avec des caractéristiques amérindiennes ». Le mouvement d'insurrection a été violemment réprimé et malgré le soutien d'une grande armée popu-

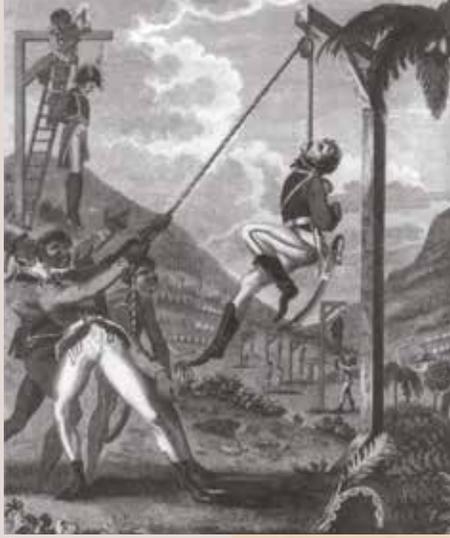
laire, Hidalgo n'a pas échappé à la fusillade. Prado signale que « les mouvements rebelles se sont poursuivis dans le pays jusqu'en 1821, quand le général Agustín de Iturbide [1783-1824], qui avait combattu auparavant les soulèvements pour l'indépendance, a mobilisé un accord entre les élites pour que le Mexique devienne indépendant de la Couronne espagnole ».

En ce qui concerne le Brésil, Sousa Neto (USP) estime que la garantie par l'État que les élites pouvaient s'appropriar les terres, posséder des grands domaines agricoles et compter sur le travail des esclaves a rendu viable la cohésion du pays : « Aujourd'hui, nous formons un état territorial, mais est-ce que nous avons formé une nation ? », se demande le géographe. D'après lui, le Brésil n'a pas seulement été inventé symboliquement, il l'a aussi été matériellement par le biais de processus militaires, politiques et économiques : « L'État brésilien, construit pendant les années 1800, s'est valu du mythe géographique de l'intouchabilité territoriale pour maintenir, autour de la figure de l'empereur, une forte centralisation politique, exprimée de manière exemplaire dans les actions militaires qui ont mis fin aux révoltes régionales survenues au cours du XIX^e siècle ». Selon son interprétation, le Brésil est une société dont l'élément central de l'identité est la cohésion du territoire, un récit qui s'est construit en opposition à l'Amérique espagnole vue comme



Statues équestres de leaders de l'indépendance de l'Amérique hispanique : Simon Bolívar à Caracas, Venezuela (à gauche), et José de San Martín à Buenos Aires, Argentine

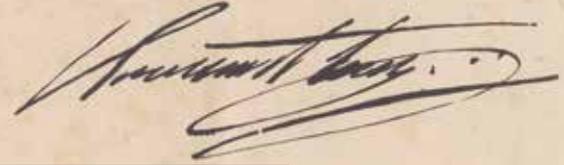
Ci-dessous, portrait du général mexicain Agustín de Iturbide, qui a combattu les soulèvements pour l'indépendance et plus tard négocié un accord pour que le Mexique devienne indépendant. À côté, des rebelles haïtiens pendent un propriétaire terrain pendant la Révolution haïtienne [1791-1804]. À droite, portrait de François-Dominique Toussaint L'Ouverture [1743-1803]. En bas à droite, Iturbide reçoit les clés de la ville de Mexico, après l'indépendance



4



Toussaint L'Ouverture.



3



6

un lieu de chefs militaires, de guerres civiles, de régression économique et d'anarchie, alors que le Brésil était perçu comme le pays de l'unité, de l'ordre et de la civilisation : « Le drapeau brésilien a d'ailleurs le bleu comme symbole de la noblesse, le jaune représente l'or et le vert renvoie à la famille royale de Bragance, une iconographie différente de l'ensemble des drapeaux des pays hispaniques, qui font allusion aux mouvements de libération et aux processus révolutionnaires ».

Prado indique qu'au Venezuela, par exemple, l'identité nationale s'est formée autour de la figure de Bolívar. En Colombie, même si la société reconnaît le rôle important de Bolívar dans son histoire, c'est le juriste, militaire et politicien Francisco José de Paula Santander [1792-1840] qui est devenu la figure de référence pour les futurs politiciens libéraux. Et l'historienne de conclure : « La dénomination Amérique latine a été inventée au XIX^e siècle et, à partir de la fin du siècle, une identité latino-américaine a été construite en opposition aux Anglo-américains des États-Unis ». ■

Projet

Écrits sur les nouveaux mondes : une histoire de la construction de valeurs morales en langue portugaise (n° 13/14786-6) ; **Modalité** : Projet thématique ; **Chercheur responsable** : Jean Marcel Carvalho França (UNESP) ; **Investissement** : 958 320,68 reais BRL.

Livres

Collectif. **Coleção memória atlântica**. Grupo de pesquisa escritos sobre os novos mundos. São Paulo, FAPESP, Fundação Editora da Unesp e Academia Portuguesa da História.
NETO, M. F. S. **Um geógrafo do poder no Império do Brasil**. Rio de Janeiro, Consequência, 2018.

Chapitre de livre

PRADO, M. L. C. « Identidades latinoamericanas (1870-1930) », dans MORA, E. A. et CARBÓ, E. P. (orgs.), **Historia general de América Latina: Los proyectos nacionales latinoamericanos: Sus instrumentos y articulación, 1870-1930**. Ied, Paris, Ediciones Unesco / Editorial Trotta, 2009.

Articles scientifiques

NETO, M. F. S. « A ciência geográfica e a construção do Brasil ». **Terra Livre**. n. 15, p. 9-2. 2000.
MARQUESE, R. « The other side of the antislavery republics: The empire of Brazil and the making of the second slavery », 7th Annual International Conference Antislavery Republics: The Politics of Abolition in the Spanish Atlantic. **Gilder Lehrman Center for the Study of Slavery, Resistance, and Abolition**. Yale University, 2015.

Dossier

« As independências latino-americanas » **Revista USP**. v. 1, n. 130. 2021.

PROMESSES SANS FONDS

La pensée libérale et le besoin de cohésion nationale ont inspiré des propositions d'instruction publique universelle, mais le financement a toujours été insuffisant

Diego Viana | ILLUSTRATIONS Zé Vicente

En 1835, plusieurs rapports sur la situation des provinces de l'Empire dénonçaient des défaillances au niveau de l'éducation brésilienne. Dans l'État d'Alagoas, le document déplorait les « très faibles ressources » investies et les « salaires dérisoires » des enseignants. Dans l'État de Santa Catarina, 15 écoles « n'étaient pas utilisées aussi bien qu'on pouvait s'y attendre ». Dans l'État de Mato Grosso, les méthodes d'enseignement étaient aussi critiquées.

La réalité de l'enseignement dans le Brésil indépendant contraste avec les discours modernisateurs de ses partisans. José da Silva Lisboa, le vicomte de Cairu (1753-1835) qui était inspecteur des établissements littéraires et scientifiques du royaume, affirmait qu'en matière d'éducation, gaspiller n'est pas dépenser, mais économiser (voir Pesquisa FAPESP, n° 313). En 1821, José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) déclarait que la création d'une université au Brésil était « d'une nécessité absolue » (voir Pesquisa FAPESP, n° 319). Son frère Martim Francisco Ribeiro de Andrada (1775-1844)

a proposé un système éducatif pour le pays qui était une adaptation du projet du marquis de Condorcet (1743-1794) pour la France révolutionnaire.

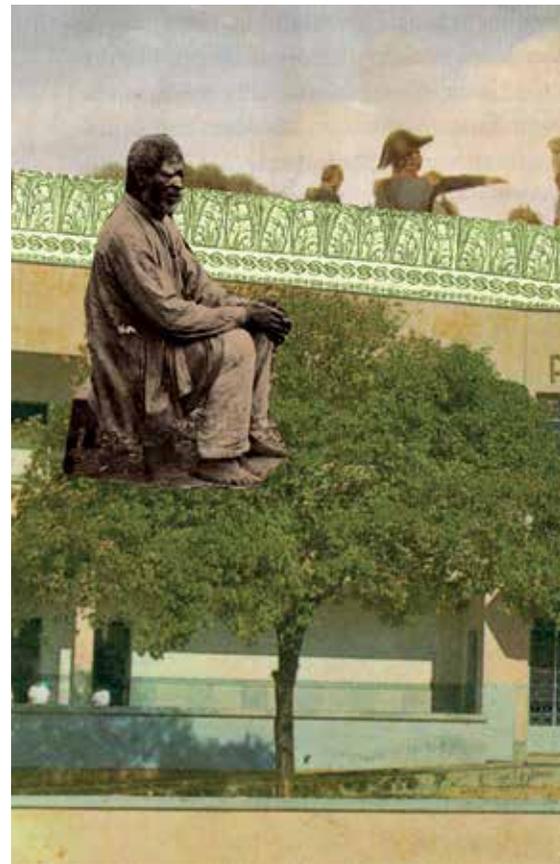
Carlota Boto, historienne de l'Université de São Paulo (USP) explique que malgré cela, « les ressources dépensées pour l'éducation étaient très limitées et peu cohérentes avec le discours exubérant sur la nécessité d'une instruction publique dans l'Empire ». Citant le sociologue Celso Beisiegel (1935-2017), l'historienne observe que « le Brésil a pour caractéristique de produire un discours pédagogique de manière audacieuse mais avec des pratiques éducatives étriquées ».

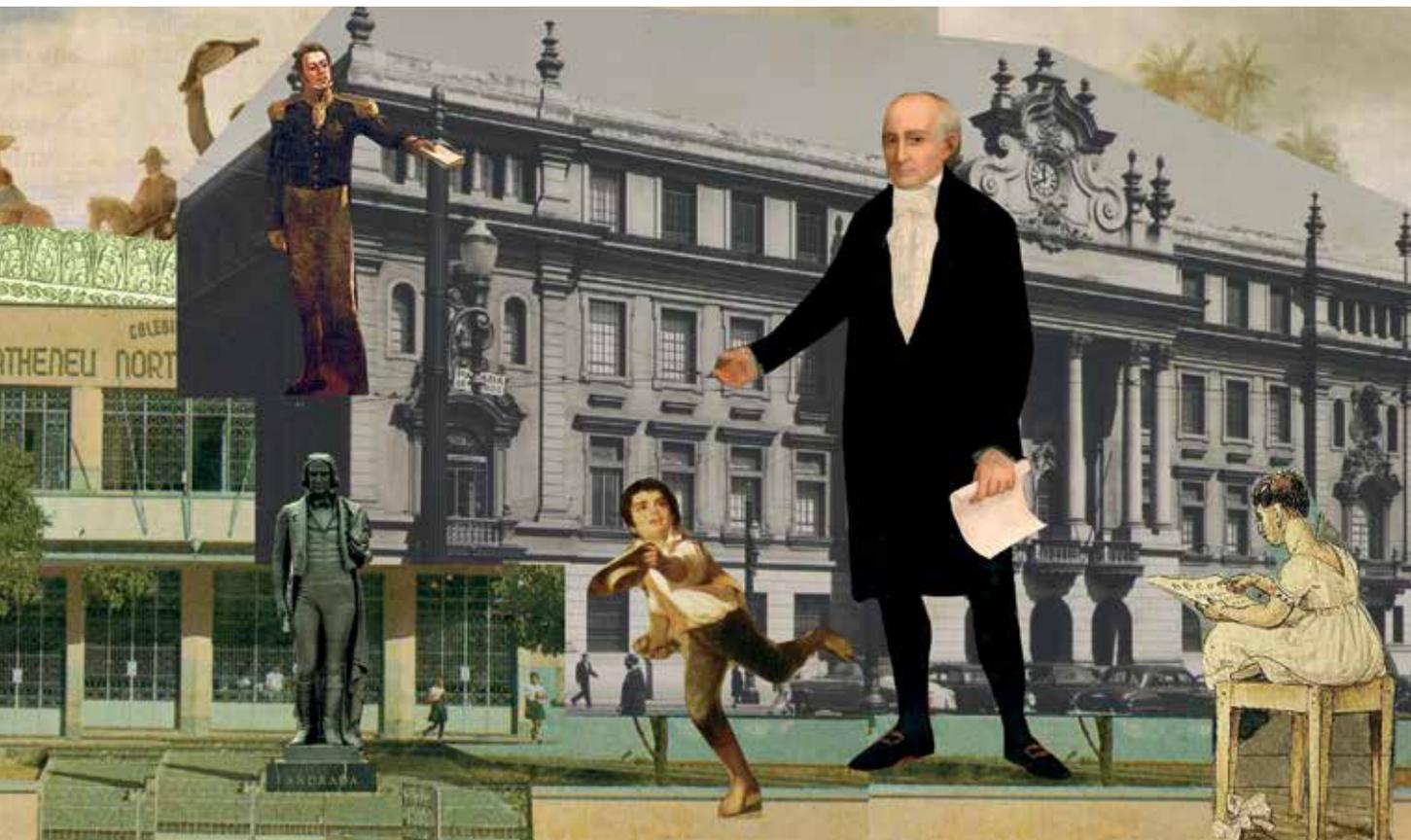
Dans le récent livre *O Ponto a que chegamos : Duzentos anos de atraso educacional e seu impacto nas políticas do presente* [Où nous en sommes arrivés : deux cents ans de retard éducatif et leur impact sur les politiques du présent, éd. FGV], le journaliste Antônio Gois, un des fondateurs de l'Association des journalistes de l'éducation (Jeduca), ouvre le chapitre sur l'Empire avec une épigraphe de Dom Pedro 1er (1798-1834) : dans un manifeste publié en août 1822, il promettait « un code d'instruction pu-

blique nationale qui fera germer et végéter abondamment les talents », avec « une éducation libérale, qui donnera à ses membres l'éducation nécessaire pour promouvoir le bonheur du grand Ensemble brésilien ».

D'après Gois, cette promesse exprimait le libéralisme qui a influencé les processus d'indépendance des Amériques : « Des pays comme la Prusse et les États-Unis commençaient à organiser des systèmes d'éducation publique, gratuite et pour tous, quelque chose de révolutionnaire pour l'époque. Aujourd'hui, l'idée est presque banale, mais en ce temps-là on se demandait pourquoi l'élite devait céder une partie de ses revenus via des impôts pour permettre à un paysan d'étudier ».

Boto considère que le siècle des Lumières hérité du Portugal est différent de celui qui existait dans des pays comme la France et les États-Unis. Dans la proposition de Martim Francisco, adaptée de Condorcet, « plusieurs éléments présents dans le projet français ont disparu, comme la référence à la citoyenneté et à l'égalité. [...] Condorcet a pensé à un projet pour la formation de citoyens d'une





république. Dans le Brésil du Premier Empire, il s'agissait de former des sujets pour la royauté ».

Cette formation a été un objectif central de l'éducation au Brésil depuis le transfert de la cour portugaise au Brésil (1808-1821), observe José Gondra, professeur de l'Université de l'État de Rio de Janeiro (UERJ) : « Il fallait créer toute une structure pour le nouveau siège du royaume. D'où la nécessité d'organiser le pays et de former les personnes dans une société de culture orale et avec un taux d'analphabétisme gigantesque, probablement supérieur à 90 % ».

Gondra observe que dans ses premières années d'indépendance, le Brésil était miné par des conflits et des rébellions. 4,5 millions de personnes étaient réparties sur le territoire, parmi lesquelles des peuples autochtones, des personnes esclavagisées et beaucoup d'immigrants : « Ils parlaient des langues différentes, vivaient de manière différente. L'école a été une ressource importante pour nationaliser et *brésilianiser* ces personnes ».

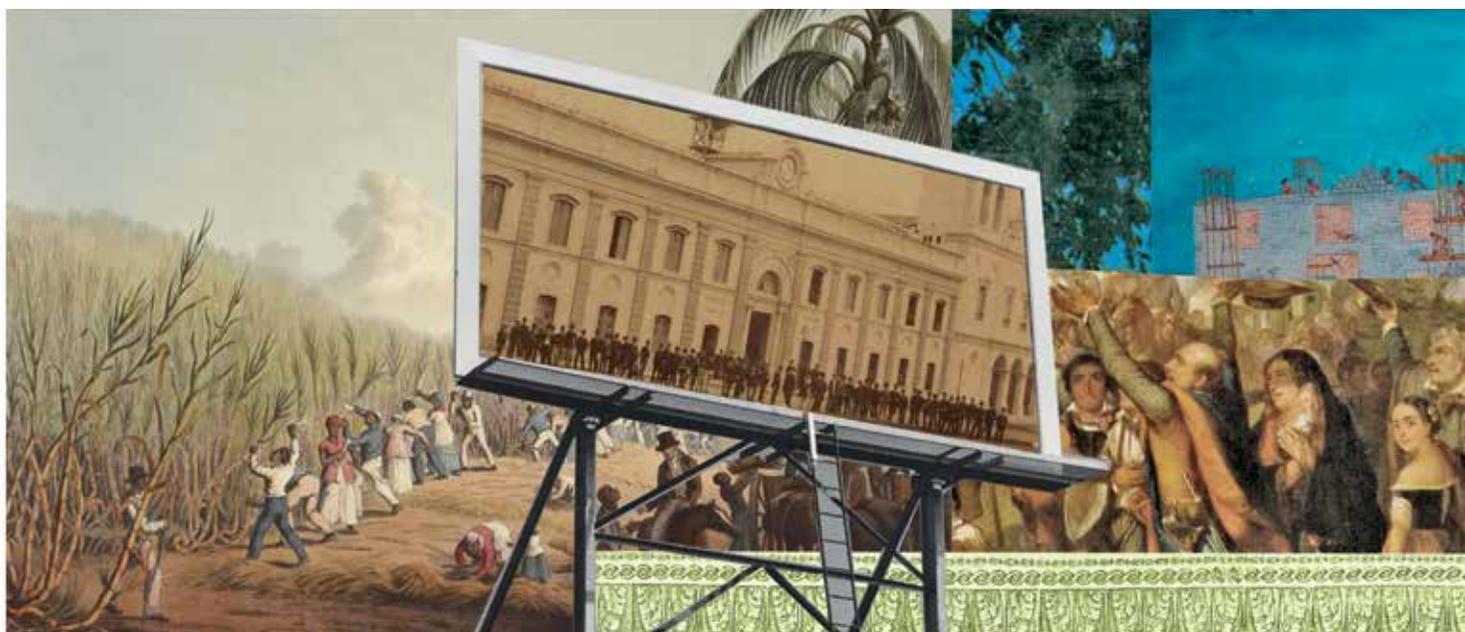
Les idées reçues du siècle des Lumières et le désir d'unifier la popula-

tion sont la base de ce qui a été pensé sur l'éducation pendant l'Empire. « À l'indépendance, les efforts de création d'un système d'enseignement compatible avec les projets émergents de nation et d'État, et en lien avec les perspectives de progrès et de civilité, se sont institutionnalisés », explique Aline de Moraes Limeira, pédagogue de l'Université fédérale de l'État de Paraíba (UFPB). L'histoire du système d'enseignement durant la période impériale est l'histoire de cette institutionnalisation.

L'article 179 de la Constitution de 1824 consacre deux articles à l'éducation. L'item XXXII inclut parmi les droits civils « l'instruction primaire et gratuite pour tous les citoyens », et l'item XXXIII fait référence aux « collèges et universités où seront enseignés les éléments des sciences, belles lettres et arts ». La Loi sur les écoles primaires, de 1827, ordonnait « la création d'écoles primaires dans toutes les villes, hameaux et lieux les plus peuplés », avec des salaires compris entre 200 000 et 500 000 réis BRL pour les professeurs des écoles.

Mais les discours et les lois se traduisaient peu en investissements. En 1830, la première année où le budget impérial est disponible, les dépenses pour l'éducation dans les provinces ont atteint seulement 9 % d'un total supérieur à 321 *contos de réis*, selon une étude publiée en 2017 par Dalvit Greiner de Paula et Vera Lúcia Nogueira de l'Université de l'État de Minas Gerais (UEMG). En comparaison, la Constitution de 1988 stipule dans l'article 212 que l'éducation doit recevoir au moins 18 % de ce que perçoit le gouvernement fédéral et 25 % des recettes des États et des municipalités. Dans beaucoup de provinces, les salaires des enseignants sont inférieurs au minimum légal : 150 000 réis/an. Pour avoir une idée, le revenu minimum nécessaire pour voter était de 100 000 réis. Et pour se présenter aux élections locales, 200 000 réis.

Une des conséquences du manque de ressources a été la prolifération d'institutions privées, qui recevaient des aides du gouvernement. Gondra explique que « la subvention était utilisée parce que l'État disait ne pas être en mesure de soutenir un réseau d'écoles pour tous. Cela justi-



« fait le transfert de ressources au secteur privé et aux écoles confessionnelles ».

En 1834, l'acte additionnel à la Constitution a partiellement décentralisé l'administration impériale. Les provinces sont devenues responsables des écoles, à l'exception de l'enseignement supérieur et de la capitale du pays. Toutefois, la source principale de ressources de l'époque, le droit de douane, était hors de portée des gouvernements des provinces. Selon Limeira, « l'application des ressources n'était pas à la hauteur des besoins. Certaines provinces avaient une seule école publique de niveau secondaire. Dans la plupart d'entre elles, la présence des filles était interdite. On comprend aujourd'hui que dans l'ensemble, la décentralisation de la gestion de l'enseignement public a pu limiter le développement de l'éducation, à cause de la variété des budgets provinciaux et des questions politiques locales ».

De l'avis de Gondra, on ne peut pas comprendre le scénario de l'éducation sous l'Empire sans tenir compte de ce qui a été hérité de la période coloniale. Dans la colonie, l'éducation a surtout eu lieu dans les écoles fondées par des ordres religieux, en particulier la Compagnie de Jésus. Un grand changement s'est produit en 1759 avec la promulgation par le gouvernement portugais de la Loi d'extermination, de proscription et d'expulsion de leurs royaumes et domaines d'outre-mer des clercs réguliers de la Compagnie de Jésus, et l'instauration des « classes royales » [*aulas régias*], c'est-à-dire l'enseignement public – dans lequel l'État

définissait le programme, engageait les enseignants et délivrait le diplôme.

La réforme visait à moderniser l'Empire et à former des cadres pour son administration. Le nouveau système était financé par un impôt unique appelé « subvention littéraire », créé en 1772, prélevé sur la vente d'eau-de-vie, de vin et de vinaigre dans le royaume, aux Açores et à Madère. Dans les colonies d'Amérique et d'Afrique, l'impôt était perçu sur la viande découpée dans les boucheries. Pendant le transfert de la cour portugaise au Brésil, la recette de la subvention littéraire a atteint 12 *contos de réis* par an. Le philosophe Carlos Roberto Jamil Cury de l'Université de l'État de Minas Gerais explique dans son article *Financiamento da educação brasileira : Do subsídio literário ao Funeb* [Le financement de l'éducation brésilienne : de la subvention littéraire au Funeb] qu'il s'agissait d'un faible montant pour couvrir toute la colonie.

Pour Limeira, même si les données sur la période coloniale sont rares, des documents sur les années 1770 des Archives historiques d'Outre-mer, au Portugal, indiquent l'ouverture dans la colonie de plus de 350 postes d'enseignants de latin, grec, rhétorique et philosophie, et plus de 470 maîtres chargés d'apprendre à lire, écrire et compter. Gondra précise que 17 de ces maîtres sont arrivés au Brésil entre la fin du XVIII^e et le début du XIX^e siècle. Quand l'entourage de Dom

João VI (1767-1826) a débarqué à Rio de Janeiro, il y avait 20 maîtres royaux dans la ville.

Le système des classes royales a perduré pendant le premier règne. Les professeurs reconnus par l'État enseignaient les matières séparément et les étudiants suivaient chaque cours séparément. Peu à peu, les chaires se sont regroupées dans des écoles telles que l'Atheneu Norte-Riograndense (1834), les lycées de Paraíba et de Bahia (1836) et le collège Pedro II (1837) à Rio de Janeiro. La première institution à former des enseignants (école normale) en Amérique latine a été fondée à Niterói (État de Rio de Janeiro) en 1835.

La réforme de 1759 a expulsé les jésuites, mais pas les autres ordres de l'Église catholique. Malgré tout, il existe des documents prouvant que des jésuites enseignaient dans le privé, souligne Gondra. Dans l'Empire, l'Église jouait un rôle fondamental dans l'éducation, et pas seulement à travers les écoles confessionnelles. Limeira explique que « le catholicisme était la religion officielle, un 'bras' de l'État. Sa présence dans l'éducation était importante et elle s'est manifestée de différentes manières tout au long du XIX^e siècle, avec par exemple l'insertion de la doctrine chrétienne dans le programme d'études ou dans l'exercice de ses représentants dans les fonctions éducatives, comme l'enseignement, l'inspection de l'enseignement, la sélection des enseignants, l'administration publique ».

Une donnée souvent citée pour affirmer l'échec de l'éducation dans le Brésil



impérial provient du premier recensement effectué dans le pays, en 1872. On a constaté qu'un peu plus de 80 % de la population libre était analphabète, ce qui équivalait à 6,8 millions des 8,4 millions d'habitants. Mais Limeira nous met en garde : si ce chiffre est lu isolément, on obtient une interprétation anachronique de ce qui s'est passé, parce qu'il y avait une distinction entre personnes esclavagisées et personnes libres, ainsi qu'entre analphabétisme et solarisation. Le taux relatif aux enfants considérait leur fréquentation scolaire entre 6 et 15 ans et non pas leur alphabétisation, et ce, alors qu'il y avait des provinces (capitale incluse) où la scolarité obligatoire commençait à 7 ans.

Gondra remarque que la production sur l'histoire de l'éducation dans le cadre du bicentenaire de l'indépendance a révélé l'actualité de questions discutées il y a 200 ans. La subvention de l'enseignement privé réapparaît dans le système de *bons d'études* proposé par certains économistes. La relation entre la religion et l'éducation est toujours en discussion. L'enseignement à domicile, courant dans les familles aisées au XVIII^e siècle, est à nouveau proposé. Et le professeur de conclure : « Les questions qui ont animé les projets éducatifs du passé changent, mais il y a aussi des continuités et certaines mesures réapparaissent sous de nouvelles formes, comme si elles étaient nouvelles ». ■

Les articles et ouvrages scientifiques consultés pour ce rapport sont cités dans la version portugaise en ligne.

Mésaventures universitaires

Les débuts de l'enseignement supérieur et de l'enseignement professionnel dans les anciennes colonies

Pendant toute la période coloniale, les universités n'existaient pas dans l'Amérique portugaise. Sur les territoires appartenant à l'Espagne, au contraire, les premières ont été inaugurées dans les années 1550, au Mexique et au Pérou. D'après l'historienne Maria Ligia Prado, de l'USP, l'absence d'universités dans l'Amérique portugaise exprime les conditions de la métropole elle-même. Au XVII^e siècle, l'Espagne était un empire européen puissant qui comptait plus de 20 universités. Le Portugal était une petite nation appauvrie, avec une seule université à Coimbra. Les Espagnols disposaient d'un vaste corps enseignant, dont certains étaient disposés à aller dans le Nouveau Monde. En somme, « les colonies étaient différentes parce que les métropoles étaient différentes ».

Après l'indépendance, l'enseignement supérieur a progressé lentement malgré les déclarations en faveur de son expansion. Avec l'arrivée de la Cour en 1808, un système de classes séparées similaire à celui de l'éducation de base a été mis en place. Peu à peu, des cours comme ceux de l'École d'anatomie, de chirurgie et de médecine de Rio de Janeiro et de Salvador ont été réunis dans les facultés de médecine de Rio de Janeiro et de Bahia (1832). Des facultés de droit ont été fondées à São Paulo et Olinda (1827). Des facultés d'ingénierie, comme la Polytechnique de Rio de Janeiro (1874) et l'École des mines d'Ouro Preto (1876) ont dû attendre un peu plus longtemps. Une université n'a été fondée qu'en 1920 : l'Université de Rio de Janeiro, plus tard désignée Université du Brésil avant de devenir l'actuelle Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ).

Pendant la période coloniale, les enfants des familles aisées obtenaient généralement leur diplôme d'enseignement supérieur à l'université de Coimbra. Dans l'Amérique espagnole, par contre, les processus d'indépendance ont donné lieu à une présence importante de personnes diplômées d'universités locales. C'est notamment le cas de l'Université San Carlos, au Guatemala, et l'Université de Chuquisaca, en Bolivie.

Maria L. Prado observe que « les universités de l'Amérique espagnole étaient conservatrices, liées à la formation de cadres pour l'administration coloniale. Malgré cela, l'effervescence de la fin du XVIII^e siècle les a touchées. Mariano Moreno [1778-1811], leader de l'indépendance des Provinces unies du Rio da Prata, a été étudiant à Chuquisaca ».

Néanmoins, le cas de l'enseignement supérieur présente une particularité. En Amérique espagnole, le projet des nouveaux dirigeants n'était pas de consolider les universités existantes, mais de les fermer : « Pour les libéraux de l'Amérique, les universités étaient rancunières par rapport au passé colonial », écrit Prado dans l'essai « Universidade, Estado e Igreja na América Latina » [Université, État et église en Amérique latine] publié dans *América Latina no século XIX. Tramas, telas e textos* [L'Amérique latine au XIX^e siècle : trames, toiles et textes, éd. Edusp, 2014].

Le projet était de créer un système d'enseignement supérieur tourné vers des objectifs pratiques. « Et c'est le modèle que le Brésil suivra au XIX^e siècle : les facultés se professionnalisent ». Dans cette perspective, ce n'est pas l'absence d'universités dans le Brésil impérial qui constitue une exception ou un retard par rapport aux pays voisins, mais la lenteur avec laquelle ont été créés les cours supérieurs et les facultés.

SANS PEUR DE LUTTER

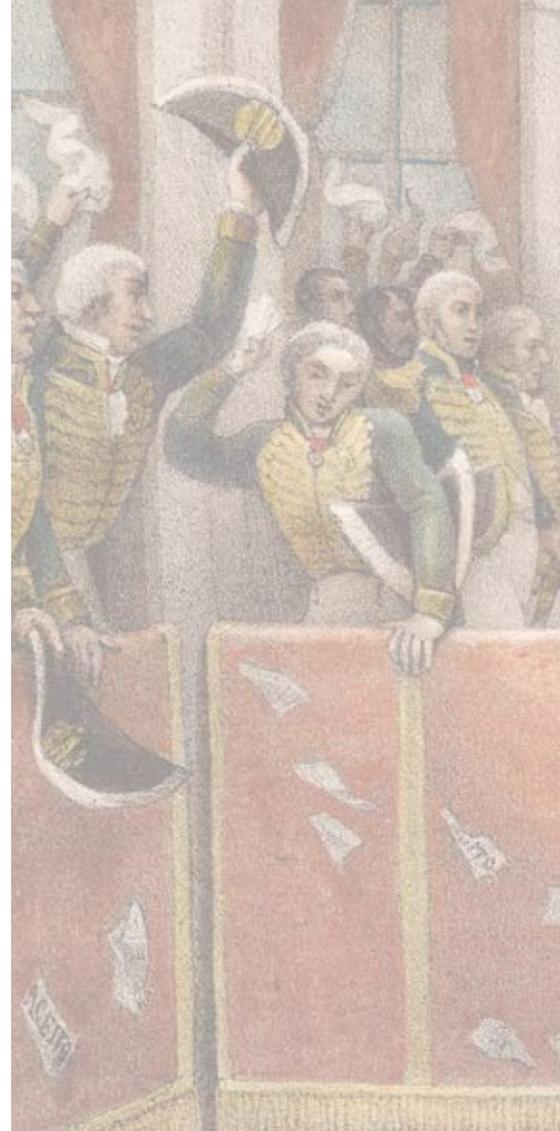
L'absence de droits politiques n'a pas empêché la participation des femmes au processus d'indépendance du Brésil

Ana Paula Orlandi

Le 13 mai 1822, un groupe de 186 femmes a envoyé à Marie-Léopoldine (1797-1826) la *Lettre des dames bahianaises à Son Altesse Royale Marie-Léopoldine, la félicitant pour la part qu'elle avait prise dans les résolutions patriotiques de son mari le Prince Régent Pierre*. Le document reconnaissait la contribution de la princesse d'alors et future impératrice au séjour de son mari au Brésil, un facteur important dans la compréhension des signataires pour que l'indépendance du Portugal se concrétise. « Bien plus qu'une lettre, c'est un manifeste politique », observe l'historienne Maria de Lourdes Viana Lyra, de l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ) et auteure d'ouvrages comme *A utopia do poderoso império. Portugal e Brasil : Bastidores da política, 1798-1822* (Éditions Sete Letras, 1994). « Au Brésil, à l'époque, les femmes étaient déléguées à un rôle subalterne, cantonné à l'ambiance privé

et lié à la famille. La présence féminine était rendue invisible, mais les femmes n'ont jamais cessé de se mobiliser politiquement par rapport à l'Indépendance, dans laquelle elles ont agi de différentes manières », informe-t-elle.

Dans un article sur le sujet, Lyra nous attire l'attention sur le fait qu'au-delà des actions isolées, menées par des personnalités notoires comme Marie-Léopoldine elle-même, il en existe d'autres « beaucoup plus expressives » mais encore peu connues du grand public. En l'occurrence, des mobilisations collectives de femmes ayant agi sur la scène publique pendant la période de l'Indépendance. L'historienne Andréa Slemian, de l'Université fédérale de São Paulo (Unifesp), va dans le même sens. « Tout au long de ce processus, de nombreuses femmes se sont exprimées à travers les lettres, les manifestes, entre autres textes. La presse naissante au Brésil a joué un rôle important à cet égard, non seulement en



diffusant les idées de ces femmes sur l'Indépendance dans la rubrique des lettres des journaux, par exemple, mais aussi en servant de porte-parole et de soutien pour les questions liées au genre féminin et à leurs droits », note Slemian, qui étudie depuis 20 ans l'histoire de l'Amérique portugaise et du Brésil entre les XVIII^e et XIX^e siècles.

La mobilisation des femmes n'était pas nouvelle au Brésil, selon Lyra : « Il existe des archives de mouvements collectifs de femmes dans l'État du Pernambuco aux XVII^e et XVIII^e siècles, par exemple. Lors de l'invasion hollandaise, une propriétaire foncière a été arrêtée et un groupe de femmes a demandé l'intervention du gouverneur João Maurício de Nassau [1604-1679] afin que la prisonnière puisse être libérée ». Cependant, pendant la période de l'Indépendance, cette attitude s'est renforcée grâce aux vents révolutionnaires qui soufflaient à l'époque. « Les femmes ont participé ac-



L'impératrice Marie-Léopoldine (*mise en valeur*) sur la toile *Acclamation de Pierre I Empereur du Brésil à Campo de Santana, à Rio de Janeiro (1839)* par le Français Jean-Baptiste Debret

tivement à la Révolution française [1789-1799], qui a engendré la Déclaration des droits de la femme et de la citoyenneté [1791]. Tout ce bouleversement a eu un fort impact sur la société de l'époque dans plusieurs parties du monde à des degrés divers », explique Lyra.

La participation des femmes au processus d'indépendance du Brésil ne s'est pas limitée à l'écrit. « Il y avait des femmes qui dirigeaient des propriétés et des entreprises, suivaient ce qui se passait sur la scène publique », observe Slemian. C'est le cas de la propriétaire d'une plantation de canne à sucre, Barbara Pereira de Alencar (1760-1832), qui a participé à la Révolution républicaine de 1817 au Ceará. « La province de Pernambuco était obligée de verser des sommes mensuelles importantes pour maintenir la Cour portugaise installée à Rio de Janeiro depuis 1808. De plus, la présence royale faisait gonfler les prix dans la Colonie. Tout cela a généré du

mécontentement, de l'élite aux couches populaires, et fonctionné comme un déclencheur de la révolution », explique l'historien Flavio José Gomes Cabral, de l'Université catholique de l'État de Pernambouc (Unicap), qui prépare un livre sur l'épisode. « Le soulèvement a commencé au Pernambouc et s'est étendu au Ceará, dans le Rio Grande do Norte et au Paraíba. »

Née dans le Pernambuco, Bárbara Alencar a déménagé après son mariage au Ceará, où, en tant que veuve, elle a commencé à commander le moulin de Pau Seco, dans la région de Crato. « Du côté de sa mère, elle avait une ascendance indigène et, du côté de son père, elle était portugaise », rapporte Cabral. Deux de ses enfants ont fréquenté le séminaire épiscopal de Nossa Senhora da Graça à Olinda, lié au diocèse de Pernambouc et à un noyau révolutionnaire féroce dans la province. L'un d'eux était José Martiniano Pereira de Alen-

car (1794-1860), qui allait devenir plus tard le père du romancier José de Alencar (1829-1877). « José Martiniano avait le soutien de sa mère pour diffuser des idées en faveur de la révolution à Crato, notamment dans l'organisation de réunions qui attiraient les membres de la famille et les amis », poursuit le chercheur.

Avec le démantèlement de la révolution, Barbara de Alencar est arrêtée le 13 juin 1817 et emmenée dans la ville de Fortaleza. « Avant, elle a été exposée à l'exécration publique dans les rues de Crato », dit Cabral. Elle ne récupérera sa liberté qu'environ trois ans plus tard, en novembre 1820, après des séjours dans les prisons de Recife et de Salvador. « L'histoire de Barbara de Alencar est encore peu connue », observe Lyra. L'une des raisons, selon la spécialiste, est que tout au long des XIX^e et XX^e siècles, l'historiographie brésilienne a traité l'Indépendance du Brésil en se concentrant sur le 7 septembre 1822 et



Sur cette page, une illustration sur la marche des femmes vers Versailles, pendant la Révolution française, et un livre sur la vie de Barbara de Alencar. Page ci-contre, portraits de Maria Quitéria de Jesus et Marie-Léopoldine (à droite). Ci-dessous, la procession Careta do Mingau, une manifestation qui fait référence au rôle des femmes dans le processus de l'Indépendance, dans les images de Bahia

sur les articulations engendrées par les hommes dans les États de Minas Gerais, Rio de Janeiro et São Paulo.

Selon Slemian, cette image est en train de changer au cours des deux dernières décennies avec l'émergence d'études guidées par la diversité dans les universités brésiliennes. « Mais il reste encore beaucoup à faire », observe-t-elle. L'une des grandes difficultés pour faire avancer les nouvelles recherches concerne les sources officielles de l'époque, selon Sérgio Armando Diniz Guerra Filho, de l'Université fédérale du Recôncavo da Bahia (UFRB). « Ces documents ont été écrits par des hommes blancs d'élite et, en général, excluent la participation d'autres segments de la société, tels que les pauvres, les femmes, les Noirs et les peuples autochtones », explique l'historien, qui a enquêté sur la participation populaire dans la Guerre d'Indépendance à Bahia (1822-1823) pour son master.

Cependant, des indices de la présence féminine peuvent être observés dans les manifestations populaires, soutient le chercheur. « Depuis le XIX^e siècle, les parades civiques de l'Indépendance à Bahia, célébrées le 2 juillet, honorent la figure du *caboclo*¹. Ces symboles de la participation populaire à la guerre contre les Portugais sont souvent féminins, comme c'est le cas dans la municipalité de Santo

Amaro da Purificação », rapporte Guerra Filho. Une autre indication est la procession connue sous le nom de *Careta do Mingau*, qui a lieu en juillet dans les rues de Saubara, également dans le Recôncavo Baiano. « Les femmes se couvrent d'un drap pour rappeler leurs compatriotes autrefois déguisées en fantômes pour apporter de la nourriture à l'aube aux combattants retranchés. S'occuper de la nourriture et des uniformes, en plus des malades dans les infirmeries, est une autre dimension de la participation féminine au processus d'Indépendance », explique le chercheur.

Mais toutes les femmes n'étaient pas à l'arrière-garde, à l'exemple de Maria Quitéria de Jesus (c.1792-1853), qui s'est déguisée en homme et a adopté le surnom de soldat Medeiros pour lutter contre les Portugais à Bahia. « Elle a été reconnue parmi les troupes pour sa bonne précision et sa véritable identité n'a été révélée que lorsque son père est allé la chercher à Cachoeira, alors capitale intérimaire de Bahia. Quitéria de Jesus a refusé de rentrer chez elle et a continué à se battre », raconte Guerra Filho. En 1823, la combattante a reçu de Pierre I le grade de chevalier de l'Ordre Impérial du Cruzeiro, à Rio de Janeiro.

L'image de Maria Quitéria de Jesus en tant qu'héroïne de la guerre d'indépendance a commencé à se construire au début du XIX^e siècle, observe l'historien d'art Nathan Gomes dans son mémoire de maîtrise « Théâtre de la mémoire, théâtre de la guerre : Maria Quitéria de Jesus dans la formation de l'imaginaire national (1823-1979) ». Soutenue en avril

à l'Institut d'études brésiliennes (IEB) de l'Université de São Paulo (USP), la recherche a été financée par la FAPESP. Selon Gomes, l'histoire de la femme bahianaise a pris de l'importance lorsqu'elle a été racontée dans le livre *Journal of a voyage to Brazil and residence there during parts of the years 1821, 1822 and 1823* [*Journal d'un voyage au Brésil et résidence pendant quelques périodes au cours des années 1821, 1822 et 1823*]. Il s'agit du récit de voyage de l'artiste et écrivaine anglaise Maria Graham. (1785-1842), qui a notamment travaillé comme préceptrice pour les enfants de Pierre I et Marie-Léopoldine à Rio de Janeiro.

Lancée en 1824 par l'éditeur britannique Longmann & Co., la publication présentait également un portrait de la femme bahianaise, dont la recherche attribue la paternité aux Anglais Augustus Earle (1793-1838) et Denis Dighton (1792-1827), en plus du graveur Edward Finden (1791-1857). « Quitéria de Jesus apparaît en entier, avec un jupon par-dessus son uniforme. C'est l'image qui est restée d'elle », souligne Gomes. Entre 1840 et 1930, une série d'actions développées principalement par l'Institut historique et géographique brésilien (IHGB), l'Institut géographique et historique de Bahia (IGHB) et le Musée Paulista (MP) ont contribué à répandre la renommée de la combattante bahianaise dans la mémoire collective. « L'apogée de la consécration à cette époque s'est produite lors du centenaire de l'Indépendance, en 1922 », précise le chercheur. À l'époque, le Musée Paulista, aujourd'hui propriété de l'USP, a commencé à exposer dans sa

¹ Note du Traducteur : *caboclo* est un terme tupi se référant au métis, résultat du mélange entre le Blanc et l'Indien.



3



4



5

salle principale un portrait de Maria Quitéria peint en 1920 par l'Italien Domenico Failutti (1872-1923) ainsi que des toiles comme *Independência ou morte!* (1888), de Pedro America (1843-1905).

Le processus d'appropriation de l'image de Maria Quitéria a évolué dans le temps, comme le montre la recherche. En 1953, l'année du centenaire de sa mort, la combattante bahianaise remporte sa première biographie : sur un ton romantisé, elle est signée par Manuel Pereira Reis Júnior, historien bahianais à la tête des commémorations de l'événement. Cette même année, l'armée brésilienne rend obligatoire la présence d'un portrait de la combattante dans ses bureaux et crée la mention Maria Quitéria. Bien plus tard, en 1996, elle deviendra la patronne du Conseil complémentaire des officiers de l'armée brésilienne. « Dans les années 1980, la corporation a commencé à accepter des femmes officiers », souligne Gomes.

La recherche remonte aux années 1970, lorsque le Mouvement Féminin pour l'Amnistie (MFPA) a fait de Maria Quitéria de Jesus un symbole contre l'autoritarisme pendant la dictature militaire (1964-1985). Créé en 1975 par un groupe de femmes de São Paulo, le MFPA s'est rapidement répandu dans tout le pays. À la tête de l'initiative se trouvait la maîtresse de maison et militante Therezinha Zerbini (1928-2015), dont le mari, militaire, avait été destitué par le coup d'État. « Le combat de Therezinha contre la dictature était ancien. Elle a été l'une des organisatrices du congrès clandestin de l'UNE [Union nationale des étudiants] qui s'est tenu à Ibiúna [SP], en 1968, par exemple », raconte Gomes.

Quant au MFPA, le choix de Maria Quitéria de Jesus comme symbole s'inscrivait dans une stratégie délibérée du mouvement de s'associer à un personnage déjà important du panthéon des Forces armées, mais dont la significa-

tion dépassait le domaine strictement militaire. « Cela pourrait représenter, par exemple, la défense de la participation des femmes en politique », souligne Gomes. « Elles croyaient qu'avec cela, elles pourraient agir avec plus de liberté ». La stratégie a partiellement fonctionné. En 1977, la première édition du bulletin Maria Quitéria, en plus d'affiches et de pamphlets à son image, a été saisie par le SNI (Service national d'information), qui a également infiltré un photographe lors d'une manifestation à laquelle le mouvement participait à Salvador.

ALTERNATIVE MODÉRÉE

Dans la salle principale du Musée Paulista, celui-là même qui abrite le portrait de Maria Quitéria, se trouve une toile en l'honneur de l'impératrice Marie-Léopoldine, également peinte par Failutti dans les années 1920. « Née à Vienne, Marie-Léopoldine était la fille de François II, empereur d'Autriche, ayant été élevée pour régner. En épousant le prince héritier du Royaume-Uni luso-brésilien, le futur empereur Pierre I, elle s'installe au Brésil avec la conviction que le renforcement de la monarchie sous les tropiques sera bénéfique pour le maintien des régimes absolutistes en décadence en Europe depuis la Révolution française », dit Lyra (UFRJ), auteure de la biographie sur l'Autrichienne qui est incluse dans le livre *Queens of Portugal in the new world: Carlota Joaquina, Leopoldina de Habsburgo*, publié par l'éditeur portugais Círculo de Leitores, en 2011.

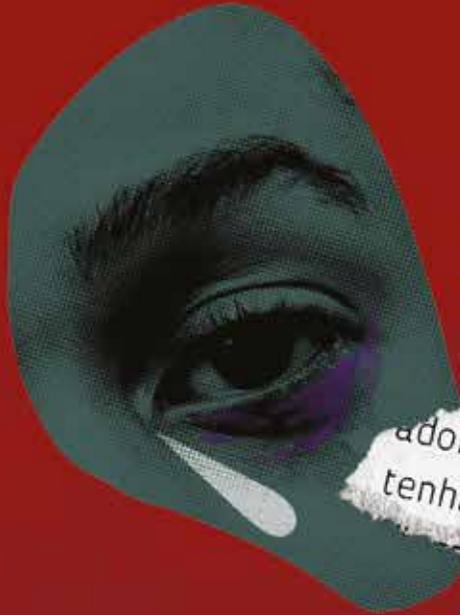
D'après Slemian, l'activité politique de Marie-Léopoldine à la Cour portugaise s'est déroulée principalement au début des années 1820. « Elle a joué un rôle important dans le processus d'indépendance, qu'elle a exercé avec une extrême rationalité et de manière plus prudente que son mari », observe le spécialiste, auteur de l'article sur Marie-Léopoldine dans le *Dictionnaire de l'Indépendance : Histoire, mémoire et historiographie*, qui devrait être lancé au second semestre. « Cependant, il n'est pas possible de falsifier sa performance. Marie-Léopoldine était conservatrice, terrifiée par les bouleversements sociaux, se battant pour une alternative d'indépendance modérée, qui garderait le prince sur le trône. Ce fut d'ailleurs le projet concrétisé en 1822 », conclut-elle. ■



Monde sous-marin

Parfois, dans de grands bancs, des poissons de toutes sortes nagent parmi les coraux où ils vivent. Ils ne savent pas que leur habitat était, jusqu'à récemment, inconnu et vient d'être baptisé « collines de corail ». Ce sont des récifs d'algues calcaires qui poussent sur les monts volcaniques sous-marins de la chaîne Vitória-Trindade, une cordillère qui s'étend sur des centaines de kilomètres à des profondeurs atteignant environ 60 mètres, sur la côte centrale du Brésil. « La configuration et la diversité sont différentes de ce que nous connaissons ailleurs », explique le biologiste marin Hudson Pinheiro.

Image envoyée par Hudson Pinheiro, chercheur au Centre de Biologie Marine de l'Université de São Paulo (CEBIMar-USP)



VULNERÁVEL
qualquer ato entre um ou mais adultos
adolescente ou indivíduo com deficiência
tenha por objetivo estimular sexualmente