

Análise de uma tarefa de construção de diagramas sobre o tema meiose realizada por estudantes de licenciatura em ciências biológicas

Analysis of an assignment to build diagrams of meiosis carried out by licentiate students in biological sciences

Luís Fonseca Guerra 1, Adlane Vilas-Boas Ferreira 2, Marina de Lima Tavares 3

Universidade Federal de Minas Gerais123
luisfoguerra@gmail.com

Resumo

Muitos trabalhos relatam dificuldades de estudantes do ensino básico e superior com relação à meiose. Considerando a formação de professores de biologia, é importante diagnosticar se o mesmo se dá para estudantes dos últimos anos do curso. Analisou-se aqui uma tarefa sobre meiose aplicada a 139 estudantes de ciências biológicas de uma disciplina optativa de ensino de genética. Solicitava-se a eles a diagramação da meiose, dando ênfase ao processo e não às fases. Os critérios para análise das tarefas se basearam em um modelo simples de representação da meiose com características como replicação, ploidia, segregação, etc. Verificou-se que 82,8% das diagramações de meiose apresentava erros. Acreditamos que um esforço deve ser empreendido para se entender melhor os percursos mentais envolvidos na resolução das tarefas.

Palavras chave: ensino de genética, meiose, ensino superior

Abstract

Several studies have reported difficulties of high school and university students regarding meiosis. Considering teacher training in biology, it is important to diagnose whether these difficulties remain in the final years of their course. An assignment on meiosis was applied to 139 biological sciences students of an elective course in genetics education. They were asked to draw a meiosis diagram, emphasizing the process and not its stages. Criteria to analyze the assignments were based on a simple model to represent meiosis with characteristics such as replication, ploidy, segregation, etc. There were mistakes in 82.8% of the meiosis diagrams. An effort should be done to better understand mental pathways involved in carrying out the assignments.

Keywords: genetic teaching, meiosis, university education

Introdução

A divisão celular perpassa pelas áreas da citologia, genética e evolução biológica sendo, portanto, considerada como um tópico muito importante nos currículos de biologia. No

trabalho de Guimaraes-Klautau, *et al.* (2009) no qual os pesquisadores analisaram explicações de estudantes de biologia sobre o processo de variabilidade genética foram apontadas a utilização de terminologias errôneas e uma rasa definição de processos genéticos. Além disso, apenas em algumas respostas havia citações da meiose como sendo um dos fatores responsáveis pela diversidade dos organismos vivos.

Isto pode ser reflexo de muitos cursos das áreas biológicas e da saúde, nos quais a grade curricular exige a compreensão de diversos conceitos científicos com muita profundidade. Desse modo, muitos cursos de ensino superior podem estar preparando profissionais com certa insegurança para o mercado de trabalho, embora tenham tido uma boa base de conteúdos durante a vida acadêmica (FRANZOLIN; TOLENTINO-NETO; BIZZO, 2014).

Educadores informam que o currículo de biologia apresenta muitas falhas e dentre elas o isolamento de conteúdos (KNIPPELS, 2002). Por exemplo, o entendimento dos tópicos da mitose ou da meiose não se resume a apenas conhecer e memorizar suas fases (prófase, metáfase, anáfase e telófase). Educadores que são capazes de ensinar a divisão celular, preocupando-se em abordar e tecer relações desse processo com outros conhecimentos correlatos, conseguem, assim, tornar suas aulas muito mais interessantes e produtivas (NUNES *et al.*, 2006).

Pesquisas informam que estudantes capazes de compreender, adequadamente, a meiose entendem melhor as leis da hereditariedade e identificam com mais facilidades as relações entre biologia celular e molecular (NEWMAN; CATAVERO; WRIGHT, 2012; NUNES *et al.*, 2006). No entanto, vários trabalhos mostram que muitos estudantes de ensino básico ou superior apresentam ideias incorretas ou pouco claras com relação a conceitos elementares da genética. Por exemplo, vários estudantes não entendem muito sobre a estrutura, função e comportamento dos cromossomos no processo da divisão meiótica (DIKMENLI, 2010; KINDFIELD, 1991; LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000; WRIGHT; NEWMAN, 2011).

Na educação científica, os desenhos representam um tipo de linguagem não-verbal que pode contribuir para acessar diferentes concepções que os estudantes podem apresentar diante de determinado assunto (BAPTISTA, 2009). Há vários trabalhos na área da educação em biologia que utilizam a análise de desenhos para diagnosticar dificuldades de estudantes. No contexto da genética, muitos pesquisadores costumam avaliar diagramas (desenhos) de meiose produzidos por estudantes. Estudos de análise de diagramas de meiose tem apontado que os estudantes cometem erros ao representar cromossomos (KINDFIELD, 1991), o momento de ocorrência da replicação, os estágios da meiose, produtos finais (DIKMENLI, 2010), a ploidia celular (WRIGHT; NEWMAN, 2011), entre outras coisas.

Sendo assim, o presente estudo buscou analisar uma tarefa realizada por estudantes de licenciatura em ciências biológicas que envolvia a construção de diagramas de meiose de modo a fazer um levantamento dos erros encontrados, compreender os raciocínios envolvidos no desenvolvimento da tarefa e contrastar os resultados com a literatura da área de ensino de genética.

Metodologia

Nesta pesquisa foram analisadas diagramações da meiose resolvidas por estudantes de licenciatura dos anos finais do curso de ciências biológicas de uma universidade pública do Brasil. A maior parte destes estudantes, ao realizarem as tarefas, já haviam cursado as disciplinas obrigatórias de genética. As diagramações foram aplicadas, nos anos de 2014 a

2018, em nove turmas de uma disciplina optativa do curso de licenciatura em ciências biológicas que aborda o ensino de genética e é ofertada bimestralmente, com carga horária de 30 horas. A professora coordenadora da disciplina disponibilizou um arquivo com 139 tarefas de diagramação da meiose que foram coletadas e guardadas durante esses anos.

O enunciado da tarefa analisada consistia em solicitar que os estudantes fizessem um desenho do processo da meiose em uma célula seguindo algumas orientações específicas. Essas orientações são ilustradas na Figura 1.

Desenhe o processo de meiose em uma célula:

- $2n=6$
- heterozigota para 3 locos sendo dois ligados
- dar ênfase ao processo e aos gametas (e não às fases e organelas)

Figura 1: enunciado da tarefa – diagramação da meiose

Durante a pesquisa, identificou-se que o enunciado da tarefa diagramação da meiose variou sutilmente entre as turmas, por exemplo, em algumas tarefas a orientação era $2n=6$ enquanto em outras $2n=4$; ou solicitava-se que a célula fosse heterozigota para 3 locos sendo dois ligados ou apenas heterozigota para 2 locos.

Para a análise das tarefas no âmbito desta pesquisa foi elaborada uma resposta diagramada modelo, adaptada daquela usada com propósitos semelhantes por Kindfield (1991). Trata-se de uma resolução simplificada que pode ser considerada como correta para a tarefa diagramação da meiose. A figura 2 apresenta a resposta elaborada.

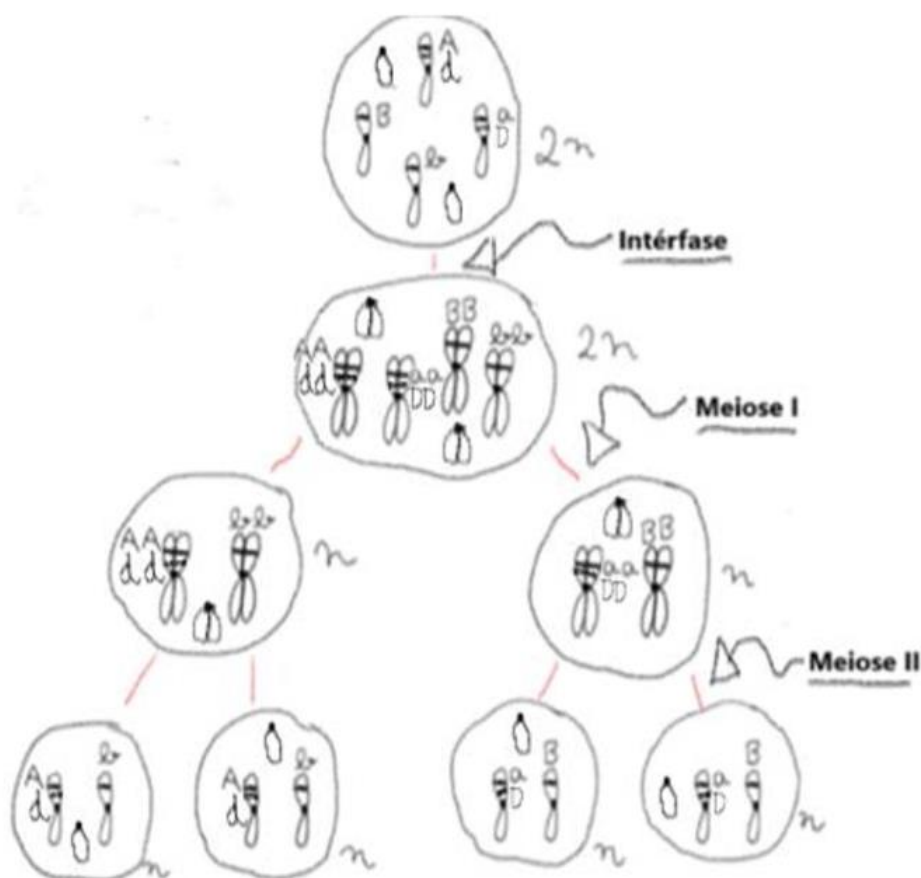


Figura 2: Representação modelo para análise da tarefa diagramação da meiose

Para a análise dos diagramas observamos as seguintes características da meiose: presença da representação de Locos Heterozigotos; Locos Ligados; Replicação; Sinapse e Crossing-over; Disjunção; Ploidia; e Processo da Meiose. A escolha destas características baseou-se na descrita no trabalho de Newman (2011).

Na análise dos diagramas para a característica Locos Heterozigotos observou-se a representação da heterozigose;

Na característica Locos Ligados avaliou-se a representação dos genes ligados nos cromossomos;

Para avaliar a característica Replicação nos diagramas analisamos a representação deste processo; e a ilustração de cromossomos replicados.

Na característica Sinapse e Crossing-over não se considerou como critério de avaliação a representação destes dois eventos. O motivo disto se deveu à sugestão de resposta para as diagramações apresentada na figura 1. No entanto, para aqueles diagramas onde a sinapse e crossing over foram representados observamos os cromossomos que foram ilustrados nesses processos.

Na avaliação da característica Disjunção observou-se a representação da segregação dos homólogos e cromátides;

Já para a característica Ploidia observou-se a representação do número cromossômico zigótico e dos produtos finais da primeira e segunda divisão da meiose.

Para a análise da característica Processo de Divisão avaliou-se as diagramações da intérfase e fase M. No entanto, o enunciado da tarefa não exigiu a representação das fases e estruturas da meiose, mas muitos diagramas trouxeram isto, assim observamos também nestes casos, as nomenclaturas e a diagramações das subfases.

Resultados e discussão

Apesar de as tarefas terem sido analisadas em grupos previamente divididos pelas turmas em que foram recolhidos, a análise não levou em consideração a origem das tarefas. Assim foram analisadas 139 tarefas de diagramação da meiose e após um extenso trabalho de observação elas foram classificadas como semelhantes ao modelo ou apresenta erro. Assim com os critérios por nós utilizados podemos dizer que 17,2% dos estudantes de licenciatura diagramaram corretamente a meiose. Apesar de a coordenadora da disciplina ter exposto que muitos estudantes apresentavam tarefas com erro, esta foi a primeira vez que estes foram quantificados. No trabalho de Gil; Fradkin; Castañeda-Sortibrán (2018) em uma universidade do México, nenhum estudante de graduação do quinto ano do curso de biologia apresentou resposta correta de uma tarefa com consulta realizada em casa que solicitava a diagramação de determinadas fases do processo da meiose.

Na análise de cada característica da meiose, observamos um melhor desempenho entre os estudantes. A tabela 1 mostra a relação de tarefas que tiveram acerto para cada característica da meiose analisada.

Categoria analisada	Diagramas corretos (139 tarefas)
Loco Heterozigoto	97,1%
Loco Ligado	93,5%
Repliação	50,3%
Sinapse e Crossing-over	94,9%
Disjunção	69,7%
Ploidia	30,9%
Processo de Divisão	39,5%

Tabela 1: Panorama da quantificação das diagramações em cada categoria

Dentre os erros encontrados em nossa pesquisa, foi observado que na análise da categoria Locos Heterozigotos e Locos Ligados, diagramas apresentando cromossomos portando loco em hemizigose (ou seja, falha na representação de cromossomos homólogos). A figura 3 apresenta este exemplo.

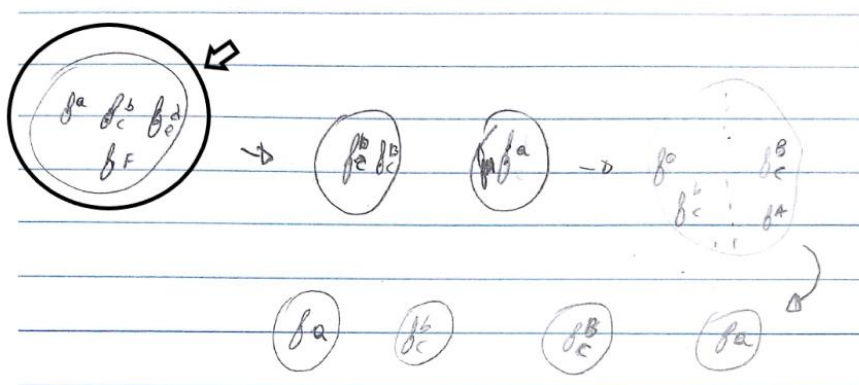


Figura 3: Falha na representação dos cromossomos homólogos

Nesta diagramação acima, a seta aponta para uma ilustração da célula inicial do processo com quatro cromossomos constituídos por genes distintos, ou seja, não é possível identificar homologia entre os cromossomos desenhados, porque o/a estudante não mostrou na representação alelos gênicos. Brown (1990) avaliou tarefas de meiose realizadas por universitários ingleses do curso de biologia e também identificou erros relacionados a representação dos locos, por exemplo, os cromossomos homólogos na tarefa foram representados pelos estudantes com genes em apenas uma das cromátides irmãs, enquanto outros, a representação de alelos diferentes em cada cromátide irmã.

Algumas diagramações analisadas mostraram o processo de replicação durante fase divisional, ou seja, durante a fase M. Um resultado semelhante foi encontrado no estudo de Dikmenli, (2010) em entrevistas individuais. Neste estudo, perguntou-se a estudantes turcos de licenciatura em biologia quando é que deveria acontecer a replicação do DNA na célula e alguns entrevistados responderam que a replicação deveria ocorrer na prófase, enquanto outros, afirmaram ser entre a prófase e a metáfase.

Muitos diagramas observados trouxeram cromossomos constituídos por duas cromátides não irmãs. A figura 4 mostra este tipo de diagramação.

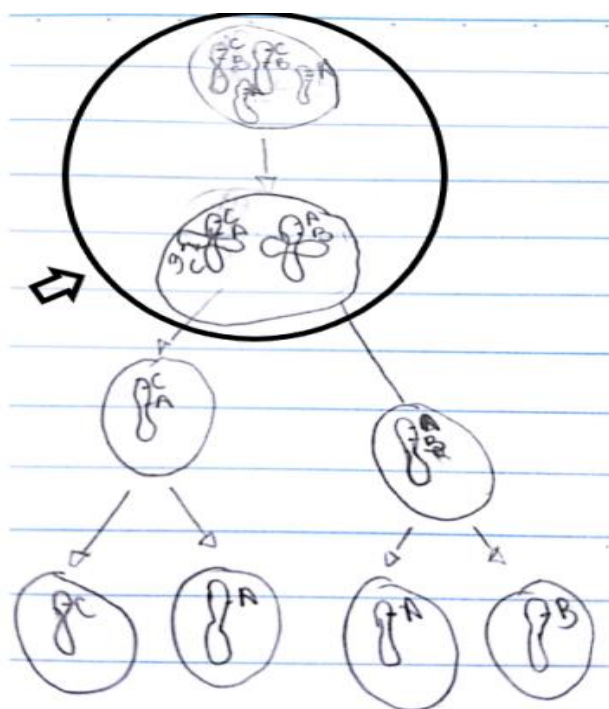


Figura 4: Representação de cromossomos constituídos por cromátides não irmãs

Na figura 4 uma seta aponta para o momento da replicação. Os produtos desta replicação são duas moléculas de DNA formadas por duas cromátides não irmãs. Este tipo de erro é muito semelhante ao encontrado no trabalho de Kindfield (1994) em que foram analisadas tarefas de diagramações do mecanismo de fertilização para formação de um zigoto realizada por estudantes americanos de graduação em biologia. O autor identificou nas resoluções cromossomos formados por duas cromátides não irmãs. Newman; Catavero; Wright (2012) aplicaram uma tarefa de meiose a estudantes americanos de graduação em biologia e observaram que 67% entendiam que os cromossomos duplicados tinham que ser formados por duas cadeias de DNA, enquanto 33% sabiam que cada cromossomo devia apresentar a informação genética de apenas um genitor.

No nosso trabalho os estudantes de licenciatura tiveram muita dificuldade em demonstrar a ploidia e o processo de divisão na diagramação, 30,9% e 39,5% respectivamente (Tabela 1). Wright & Newman (2011) avaliaram diagramas de meiose resolvidos por estudantes americanos do segundo ano e dos anos finais do curso de graduação em biologia. Os estudantes tiveram que ilustrar o processo de divisão, bem como, identificar a ploidia de cada subfase. Os resultados mostraram que 20% dos estudantes desenharam processo corretamente, mas 96% erraram na representação da ploidia.

Muitos estudantes não exibiram o número cromossômico zigótico correto, ou tampouco a ploidia dos produtos da primeira e segunda divisão. Kindfield (1991) em seu estudo, cita um erro bem complexo em tarefas de diagramação da meiose. Segundo esta pesquisadora, determinado estudante americano de graduação em biologia acreditou que a estrutura do DNA determinaria a ploidia celular. Assim, o diagrama deste estudante indicou como sendo $2n$ todas as células que continham moléculas de DNA formada por duas cromátides irmãs e como n as moléculas formadas apenas por uma cromátide. Na análise de Dikmenli (2010) foram encontrados muitos diagramas de meiose realizados por estudantes turcos de licenciatura em biologia em que os produtos finais da meiose estavam indicados como sendo diploides.

Dentre as diagramações das subfases que estavam incorretas, muitos exibiram fases mitóticas

na divisão da meiose. Lewis; Leach; Wood-Robinson, (2000) aplicaram um questionário com perguntas de genética a estudantes ingleses de ensino básico e identificaram que somente alguns estudantes foram capazes de distinguir mitose de meiose. Bahar; Johnstone; Hansell, (1999) informam em seu trabalho que a confusão entre mitose e meiose pode estar relacionada com a forma que estes conteúdos são abordados em classe recomendando, portanto, que mitose e meiose sejam ensinadas em aulas diferentes.

Conclusão

Vários estudos apresentam informações sobre dificuldades na diagramação do processo da meiose por estudantes de licenciatura em ciências biológicas. Os dados apresentados neste estudo, em parte corroboram os achados da literatura e em parte apontam distinções e especificidades do grupo de estudantes pesquisado.

Consideramos que as características mais importantes a serem representadas na tarefa de diagramação da meiose sejam a representação da heterozigose, o processo de duplicação dos cromossomos e a identificação da ploidia ao longo da divisão meiótica. Estas características, fundamentalmente genéticas do processo da meiose, esclarecem o motivo pelo qual uma célula mãe após duas divisões consecutivas é capaz de gerar quatro células filhas geneticamente distintas e com a metade do material genético.

Dentre os erros encontrados, destacam-se os relacionados aos Replicação; Ploidia; e Processo de Divisão. Identificamos também erros ainda não registrados nas pesquisas consultadas como a representação de dois alelos em um único loco. Encontramos ainda erros muito citados na literatura como representação da hemizigose; a diagramação de cromossomos duplicados formados por cromátides não irmãs; a não realização da disjunção na primeira e segunda divisão da meiose; a diagramação de fases mitóticas no processo meiótico.

É importante destacar que a maior parte das diagramações analisadas trouxeram características importantes do processo da meiose representadas corretamente, como a representação os Locos Heterozigotos, uma característica que consideramos importante na tarefa. Isto indica que estes estudantes de licenciatura apresentam certo domínio do tema. Contudo, consideramos que o resultado desse estudo é em parte preocupante porque os estudantes que participaram da pesquisa já estão na reta final do curso e era esperado que já apresentassem maior domínio de certos conceitos.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa a L. F. O. Guerra

Referências

BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H.; HANSELL, M. H. Revisiting learning difficulties in biology. **Journal of Biological Education**, v. 33, n. 2, p. 84–86, mar. 1999.

BAPTISTA, G. C. S. **Os desenhos como instrumento para investigação dos conhecimentos prévios no ensino de ciências: um estudo de caso.** (VIIEnpec, Ed.) Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências. **Anais**. Florianópolis: 2009, Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/395.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017

- BROWN, C. R. Some misconceptions in meiosis shown by students responding to an Advanced level practical examination question in biology. **Journal of Biological Education**, v. 24, n. 3, p. 182–186, set. 1990.
- DIKMENLI, M. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. **Scientific Research and Essay**, v. 5, n. 2, p. 235–247, 2010.
- FRANZOLIN, F.; TOLENTINO-NETO, L. C. B. DE;; BIZZO, N. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, p. 92–103, 2014.
- GIL, S. G. R.; FRADKIN, M.; CASTAÑEDA-SORTIBRÁN, A. N. Conceptions of meiosis: misunderstandings among university students and errors. **Journal of Biological Education**, p. 1–14, 9 maio 2018.
- GUIMARAES-KLAUTAU, N. et al. Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **Revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 2260–2263, 2009.
- HERNÁNDEZ, V.; CARABALLO, J. N. **Development of a diagnostic test to detect misconceptions in mendelian genetic and meiosis**. Publisher: Misconceptions Trust
Publisher Location: Ithaca, NY. **Anais...Ithaca, NY: Misconceptions Trust, 1993** Disponível em: <http://www.mlrg.org/proc3pdfs/Hernandez_Genetics.pdf>. Acesso em: 7 out. 2018
- KINDFIELD, A. C. H. Confusing chromosome number and structure: a common student error. **Journal of Biological Education**, v. 25, n. 3, p. 193–200, set. 1991.
- KINDFIELD, A. C. H. Understanding a basic biological process: Expert and novice models of meiosis. **Science Education**, v. 78, n. 3, p. 255–283, jun. 1994.
- KNIPPELS, M.-C. P. J. **Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education - The yo-yo learning and teaching strategy**. [s.l.] Proefschrift Universiteit Urecht, 2002.
- LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. Chromosomes: the missing link — young people’s understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. **Journal of Biological Education**, v. 34, n. 4, p. 189–199, set. 2000.
- LONGDEN, B. Genetics—are there inherent learning difficulties? **Journal of Biological Education**, v. 16, n. 2, p. 135–140, 13 jun. 1982.
- NEWMAN, D. L.; CATAVERO, C. M.; WRIGHT, L. K. Students Fail to Transfer Knowledge of Chromosome Structure to Topics Pertaining to Cell Division. **CBE—Life Sciences Education**, v. 11, n. 4, p. 425–436, dez. 2012.
- NUNES, F. DE M. F. et al. Genética no Ensino Médio: uma prática que se constrói. **Genética na Escola**, v. 1, n. 1, p. 19–24, 2006.
- WRIGHT, L. K.; NEWMAN, D. L. An interactive modeling lesson increases students’ understanding of ploidy during meiosis. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 39, n. 5, p. 344–351, set. 2011.